كتابك

٩٩

د. محمد الحلوجي

الكيمياء الصناعية

دار المعارف

كتابك

هـذا الكتاب

الكيمياء علم موغل فى القدم ، يعنى بطبيعة المادة وتركيبها وتغيراتها فى المظهر والسلوك .

والكيمياء الصناعية فرع من علم الكيمياء يجيب عن أربعة أسئلة هامة : ما المواد الأولية – ماذا يصنع بها – ما المنتجات التى تخرج من تلك المواد بعد تصنيعها – ما الظواهر الهامة للهيكل الاقتصادى التى تتصل بالكيمياء الصناعية .

وهذا ما يبسطه هذا الكتاب .

١٠ ج

كتابك ٩٩

رئيس التحرير أنيس منصور

د. محمد الحلوجي

الكيمياء الصناعية

دار المعارف

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدّمة

قبل أن نسترسل فى الكلام عن الكيمياء الصناعية يحسن أن نشير إلى حقيقة قد تدعو كل مصرى إلى الزهو ألا وهى أن كلمة كيمياء مأخوذة من كلمة «كيم» وهو الاسم القديم لمصر أى أن كيمياء تعنى العلم المصرى . وذلك ليس بمستغرب ؛ فالمصريون القدماء قد ضربوا بسهم وافر فى الكيمياء التطبيقية ؛ مما يجعل دورهم من أبرز الأدوار حتى فى عصرنا الحاضر.

ويمكن أن نضيف إلى ذلك الدور العظيم الذى قام به المسلمون فى نقل التراث الحضارى وما أضافوه إليه من إضافات جبارة حتى ليقول عالم إنجليزى محايد وهو يشيد بدور المسلمين فى تقدم الكيمياء ما يلى :

«لولا هزيمة المسلمين فى موقعة تور (أو بواتييه أو بلاط الشهداء) أمام شارل مارتل عام ٧٣٢ ميلادية ما حدث للكيمياء ذلك الخطر العظيم ، ولكانت اليوم فى مرحلة أشد تقدّماً بكثير مما هى عليه الآن ! »

ومع ذلك فمن وراء أستار التاريخ مازالت تطل علينا هامات عربية

عملاقة مثل : جابر بن حيان وهو طبيب عربى كان أول من اشتغل بالكيمياء القديمة . وعاش بالكوفة وبغداد فى العراق فى آخر القرن الثامن الميلادى وأوائل القرن التاسع . ترجمت كتبه التى زاد عددها على الثمانين إلى اللاتينية . وكان أثرها ملموساً فى تنمية الكيمياء القديمة وإدخال عنصرى التجربة والمعمل ، فقد أوصى بدقة البحث والاعتماد على التجربة والصبر على إجرائها .

وكذلك اسم أبى الحسن على الأندلسى ويعرف بابن أرفع رأس (مات فى عام ١١٩٧) .

وأبو القاسم محمد بن أحمد العراقى فى القرن الثالث عشر الميلادى . وعز الدين الجلداكى (مات حوالى ١٣٦١ ميلادية) .

ومن هذا نرى أن الكيمياء علم موغل فى القدم . والقصد منه العناية بطبيعة المادة وتركيبها وتغيراتها فى المظهر أو السلوك . ودراسته إما أن تكون عامة . فتشتمل على دراسة الثمانية والتسعين عنصراً التى أمكن فصلها حتى الآن والتحقق من كيانها المستقل كذرات . ودراسة الكيمياء العامة تشمل عناصر مثل الحديد والزنك أو الخارصين والألومنيوم والرصاص . وهى عناصر تتميز بلمعتها الفلزية . وارتفاع كثافتها وارتفاع درجة الحرارة التى تتحول فيها من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة . وجودة توصيلها للحرارة والكهربية وقابليتها للطرق والسحب مع قدرتها على التماسك . وهذه العناصر تسمى بالعناصر الفلزية وهى التى يطلق

عليها الاسم الدارج «معادن» وإن كان الجيولوجيون يعنون بكلمة «معدن» شيئاً آخر . فهم يقصدون تلك المواد غير العضوية التي في الطبيعة ولها تركيب كيمياوي معين . وخواص طبيعية معينة . وغالباً ما تكون ذات شكل بلوري معين .

نعود للكلام عن العناصر : فقد رأينا أن هناك عناصر فلزية ؛ كما أن هناك عناصر لا فلزية كالأكسجين الذي نتنفسه والآزوت أو النتروجين والكلور وهو الغاز الذي تعقم به المياه . والكربون أي الفحم ؛ وهي عناصر تتميز بخفة كثافتها ورداءة توصيلها للحرارة والكهربا وبأنها لا بريق لها ولا لمعة ولا تقبل السحب أو الطرق .

كما يمكن أن تتحول دراسة الكيمياء إلى فروع تختص بطائفة من هذه العناصر ككيمياء الفلزات الحديدية وكيمياء الفلزات غير الحديدية . وكالكيمياء العضوية وهي كيمياء تقتصر على دراسة عنصر الكربون ومركباته . وهذه الدراسة بدورها تتفرع إلى فرعين : هما الكيمياء البرافينية (نسبة إلى شمع البرافين) والكيمياء العطرية وذلك على حسب الشكل الذي يأخذه مركب الكربون في جزئياته . وهناك أيضاً الكيمياء الفزيائية . وهي التي تتركز على الخواص الطبيعية للعناصر .

فإذا وصلنا إلى الكيمياء الصناعية وهي موضوعنا الرئيسي والمقصد من تحرير هذا الكتاب وجدنا المراجع العلمية تحددها بأنها : العلم الذي يجيب عن هذه الأسئلة الأربعة :

١ – ما المواد الأولية ؟

٢ – ماذا يصنع بها ؟

٣ – ما هى المنتجات التى تخرج من تلك المواد الأولية بعد تصنيعها ؟ وفيما تستغل ؟

٤ – ما الظواهر الهامة للهيكل الاقتصادى الذى يجعل من الممكن من الناحية العملية أن تنضوى العمليات التكنيكية المختلفة فى إطار صناعة موحدة يجمعها علم له أصوله وحدوده ؟

وغنى عن البيان أن عدد المواد الأولية يفوق الحصر ، كما أن عمليات التصنيع ذاتها فى نموها وتعقدها يطول شرحها . وهذا ما ينطبق على الإجابة عن السؤالين الثالث والرابع ، مما يجعل من الضرورى أن نحتاج فى معالجتها إلى مجلدات ضخمة .

ولكى نحدد معالجتنا للموضوع بحيث يؤدى إلى اختصار شديد يلائم الحجم المفروض لهذا الكتيب نقول :

إن القصد من الكيمياء الصناعية أنها عبارة عن كيمياء المواد اللازمة للهندسة والصناعة ، وهذا أيضاً يحتاج إلى اختزال شديد يضطرنا أن نجتزئ وننتقى ، فنضطر إلى معالجة المواد الأساسية اللازمة للصناعة بإيجاز غير مخل يعين القارئ على أخذ فكرة عن الموضوع . والله الموفق وهو نعم المولى ونعم النصير .

د . محمد الحلوجى

الفصل الأول

الماء لتوليد البخار

الماء مركب كيمياوى من عنصرى الإيدروجين والأكسجين . ومما لا شك فيه أن الماء عصب الصناعة . بل يعتبر مدى توافره عاملاً أساسياً فى اختيار موقع أية صناعة جديدة .

وعلى الرغم من تعدد استخدامات المياه فى مختلف عمليات الإنتاج والتبريد فإن أهميته فى توليد البخار تكاد تكون عنصراً بارزاً فى كل الصناعات ، لذا كانت المشاكل المتعلقة بهذه الناحية من أوجب الأمور بالدراسة . وهى مشاكل يرجع معظمها إلى ما فى الماء المراد استعماله من شوائب . .

الشوائب التى فى المياه الطبيعية :

ليس فى الطبيعة ماء فى حالة نقاء تام ، حتى ماء المطر وهو أنقى مصادر مياه الطبيعة – يحتوى على غازات ذائبة فيه ، وشوائب صلبة ، من التراب معلقة به نتيجة لاحتكاكه بالهواء فى أثناء سقوطه ، بل إن ذرات الغبار هى التى تكون النوبات التى تتجمع حولها قطرات المطر ،

وما عملية إنزال المطر الصناعى إلا عبارة عن إرسال نوبات فى الجو .

ويعتمد نوع وكمية الشوائب التى بالمياه على طبيعة الصخور أو التربة التى مرت بها . ولذلك فإن المياه الجوفية - كتلك التى تخرج من الآبار العميقة - تحتوى فى الغالب على شوائب أكثر مما تحويه المياه السطحية ؛ نظراً لتسللها خلال طبقات كثيفة من الصخور ؛ كما أن الماء الآتى من تكوينات جرانيتية ، أو من الحجر الرملى أو الطمى أقل احتواء للمواد المعدنية المذابة فيه من الماء النابع من مناطق جيرية ؛ كذلك فإن الماء المار فوق صخور صلدة أنقى من الماء الجارى فى تربة من الصخور المفتتة ؛ ذلك لأن الصخور الصلدة أقل ذوباناً فى الماء ؛ ولذا كانت مياه الجبال أنقى نسبياً من تلك المتصلة بتربة السفوح .

وشوائب الماء لا تقتصر على المواد الذائبة فيه ، بل تشمل أيضاً كثيراً من الشوائب العالقة به كالسيليكا (الرمل) والطمى والمواد العضوية . وأكثر ما ينطبق هذا بصفة خاصة على مياه الأنهار والمجارى المائية .

الماء العسر :

يطلق على الماء الذى يحوى - مذاباً فيه - مركبات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد فى صورة بيكربونات أو كبريتات بصفة عامة «الماء العسر» . وقد تمتد هذه التسمية لتشمل المياه الحامضية أو التى تحوى أية مواد تفسد رغوة الصابون : ذلك لأن الصابون حين يتفاعل هو

ومركبات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد – ينتج صابون هذه المواد وهو صابون لزج متجبن لا يذوب فى الماء ، ويستمر الصابون فى تفاعله مع هذه المواد حتى يخرجها كلها من محلول الماء ، وإلى أن يتم ذلك لن تكون للصابون رغوة .

وعسر الماء ينقسم قسمين أو نوعين : عسر مؤقت ، وسببه وجود البيكربونات ، وهذا يزول بالغليان . وعسر دائم يظل بعد الغليان وهو الناتج عن الكبريتات . والغريب أن كبريتات الكالسيوم أقل ذوباناً فى الماء المغلى منه فى الماء فى درجة الحرارة العادية .

ومياه المناجم قد تحوى حامض الكبريتيك الناتج من تأكسد كبريتيد الحديد (بيريت الحديد) الذى بها .

تقارير تحليل المياه :

مع أن المواد الصلبة الذائبة فى الماء قد تكفى إثارة المتاعب الجمة فى الغلايات فإن كميتها الحقيقية تبدو ضئيلة بالنسبة لكمية الماء ذاتها ، فإذا عبر تحليل المياه عن هذه المواد كنسب مئوية فلن يوضح المعنى الحقيقى لوجود هذه المواد : فقد لا يزيد ما يحويه الماء عن ٠,٠٣ إلى ٠,٠٤٪ ومعنى ذلك أن نسبة الماء ٩٩,٩٧٪ وهو رقم قد يدعو المرء للاعتقاد بأن الماء نقى بصفة أساسية وللتغلب على هذه الصعوبة ولعدم إظهار هذه النسب فى الرقم العشرى الثالث أو الرابع فإن تحاليل المياه يعبر عنها

كأجزاء فى المليون أو قمحة فى الجالون ، والجدول التالى يعطى مقارنة بين الطريقتين فى التعبير كما يبين صلاحية الماء النسبية لإنتاج البخار :

الدرجة	قمحة فى الجالون	جزء فى المليون	نسبة مئوية
جيد جداً	أقل من ٨	أقل من ١٣٧	أقل من ٠,٠١٣٧
جيد	١٢ – ١٥	٢٠٦ – ٢٥٦	٠,٠٢٠٦ – ٠,٠٢٥٦
مقبول	١٥ – ٢٠	٢٥٦ – ٣٤٢	٠,٠٢٥٦ – ٠,٠٣٤٢
ردىء	٢٠ – ٣٠	٣٤٢ – ٥١٣	٠,٠٣٤٢ – ٠,٠٥١٣
ردىء جداً	أكثر من ٣٠	أكثر من ٥١٣	أكثر من ٠,٠٥١٣

القمحة فى الجالون نظام إنجليزى ، ولتحويله إلى جزء فى المليون يضرب فى ١٧,١ ، أما لتحويل الجزء فى المليون إلى قمحة فى الجالون فيضرب فى ٠,٠٥٨٤

ترسب المواد الصلبة على جدران الغلاية :

فى أثناء تحول المياه إلى بخار فى الغلاية فإن المواد المذابة وكذلك العالقة تترسب فيها . وهذا الترسب راجع إلى ارتفاع التركيز نتيجة لبخر الماء أو لقلة الذوبان نظراً لارتفاع درجة الحرارة أو الضغط ، أو للتفاعلات التى تنتج موادّ لا تذوب من مواد كانت قبل ذلك تذوب : فكما سبق القول فإن كبريتات الكالسيوم يقل ذوبانها مع الارتفاع فى

درجة الحرارة والضغط ؛ كما أن ارتفاع درجة الحرارة يطرد من الماء ثانى أكسيد الكربون ، فتتحول البيكربونات إلى كربونات عادية ، ونظراً لقلة ذوبانها عن البيكربونات ، فإنها تطرد من المحلول ، والجدول التالى يوضح تغير ذائبية كربونات الكالسيوم والمغنسيوم مع التغير فى درجة الحرارة .

الذوبان أو الذائبية كأجزاء فى المليون

المادة	فى ماء درجة حرارته ١٥,٥ مئوية	فى ماء مذاب فيه ثانى أكسيد الكربون درجة حرارته ١٥,٥ مئوية	فى ماء يغلى درجة حرارته ١٠٠ مئوية
كربونات كالسيوم	١٢	١,١٠٠	٢١
كربونات مغنسيوم	٢٨٥	٢٧,٥٠٠	صفر تقريباً

ومما هو جدير بالملاحظة أن ارتفاع درجة حرارة المحلول فى الوقت الذى يزيد فيه قليلاً من ذوبان كربونات الكلسيوم فإنه يقلّل بدرجة ملحوظة من ذوبان كربونات المغنسيوم .

طبيعة الرواسب :

يترتب على طبيعة المادة وعلى الضغط ودرجة الحرارة فى الغلاية بالإضافة إلى عوامل أخرى – أن المواد الصلبة المترسبة : إما أن تظل عالقة ، أو يتكون منها راسب متفكك أو لزج ، أو تتكون قشرة صلبة . وأهم عامل فى كل العوامل التى سبق ذكرها إنما هو طبيعة المادة المترسبة فإن كانت كمية كبريتات الكالسيوم ومركبات المغنسيوم قليلة فى الماء ،

أو كانت كمية المادة العالقة كبيرة – فإن القشر المترسب فى هذه الحالة يكون مفككاً ، ويمكن إخراجه من الغلاية كوحل طرى . أما إذا كان الماء صافياً به القليل من المادة العالقة مع كمية كبيرة من كبريتات الكالسيوم ومركبات المغنسيوم فإن القشر المترسب يكون صلباً كثيفاً وتصعب إزالته ؛ ولذا اعتبر القشر الصلب أردأ من الرواسب الطرية نظراً لمقدرته الكبيرة على عزل الحرارة ؛ كما أن إزالته أكثر تكلفة .

كذلك فإن تركيب القشر يتوقف على الموضع الذى يترسب فيه من جسم الغلاية ، فالكربونات بقرب أنبوبة التغذية عند المكان الذى يدخل منه الماء وعند أول مقابلته للحرارة حيث يتخلص من ثانى أكسيد الكربون ، أما كبريتات الكالسيوم فتظل على الحالة الذائبة حتى تصل إلى أشد أجزاء الغلاية حرارة .

آثار الرواسب :

يترتب على ترسب المواد بالأشكال المختلفة التى سبق وصفها وتجمعها على المخارج وفى الأنابيب وعلى أجزاء أخرى من الغلاية – أن تقوم كعازل للحرارة مما يقلل كثيراً من معدل الانتقال الحرارى . ولسوء توزيع الحرارة فإن الحديد إذا غطاه القشر ارتفعت درجة حرارته إلى درجة الاحمرار ، فيصير ليّنا يقبل التشويه .

ونظراً لاختلاف معامل التمدد بين الحديد والقشر فى حالتى التمدد

والانكماش نتيجة اختلاف درجات الحرارة . فإذا حدث أن انخفض الماء فى الغلاية ارتفعت درجة الحديد كثيراً لدرجة أن القشر قد ينفصل عنه ، فإذا أدخل الماء البارد فى الغلاية فإن القشر يبرد بسرعة ويتقلص ويتشقق فإذا تم ذلك فإن الماء فى هذه الحالة يصل إلى الحديد الساخن مكوناً قدراً كبيراً من البخار لدرجة أن الضغط المفاجئ الناتج قد يكفى انفجار الغلاية .

بالإضافة إلى ما تقدم فإن ترسب المواد فى الأنابيب يسدها فلا يبقى من سطح الماء المعرض للتسخين إلا القليل فتنخفض الكفاية الحرارية للغلاية ، وهنا يصبح من اللازم أن تنظف الغلاية ، وهذه العملية باهظة التكاليف وخصوصاً إذا كان القشر صلباً شديد الالتصاق بجسم الغلاية .

معالجة مياه الغلايات

إن قابلية الماء لتكوين القشر يمكن التغلب عليها بالمعالجة المناسبة : فيمكن ابتداء إزالة المواد العالقة بترسيبها أو ترشيحها بطريقة آلية : فالأجزاء الكبيرة الحجم منها تصفى بمصفاة ، أما الدقيقة الحجم فيتخلص منها بالترشيح خلال الرمل أو الفحم الكوك أو الألياف الخشبية أو ما شابه ذلك . ولتقليل عمل المرشحات يمكن التخلص من جزء كبير من المواد العالقة بترك الماء فترة فى صهاريج أو أحواض الترسيب .

أما المواد المذابة فأمر إزالتها أشد صعوبة وهم يلجئون فى ذلك إلى ثلاث طرق هى :

١ – تيسير الماء على البارد :

وفيها يعالج الماء بإضافة المواد الكيماوية على البارد ، فتضاف كربونات الصوديوم والجير فتتحول المواد الذائبة كالبيكربونات والكربونات والكلوريدات إلى مواد لا تذوب ، فترسب حاملة معها المواد العالقة كالسيليكا والطمى والمواد العضوية ، ويسحب الماء الصافى للاستعمال ، وبهذه الطريقة يمكن التخلص من المواد الذائبة بطريقة تكاد تبلغ حد الكمال .

أما المواد العالقة سواء أكانت نواتج تفاعلات أم طمياً فلإزالتها بطريقة فعالة تضاف الشبّه (كبريتات الألومنيوم) المذابة فى الماء أوكبريتات الحديدوز إلى الجير المطفأ وكربونات الصوديوم ، فيكون الراسب فى هذه الحالة هلاميًّا كزغب الريش ، فإذا استقر الراسب حمل معه المواد العالقة ، وفى بعض الحالات يصفى الماء جزئيًّا بإمراره وتركه يركد قليلاً فى طبقات من الكوك أو ما شابهه بغرض السرعة ، أما أملاح الصوديوم الناتجة عن استخدام كربونات الصوديوم فنظراً لأنها سهلة الذوبان فإنها تظل فى الماء ، ومع أنها لا تساهم فى تكوين القشر فهى غير مرغوب فيها لتسببها فى إحداث الرغوة .

وتقدير الكميات التى تجب إضافتها من الجير المطفأ وكربونات الصوديوم ينبنى على تحليل الماء الذى يجب أن يتكرر باستمرار نظراً لتغيير العسر بدرجة كبيرة وفى وقت قصير تبعاً لهطول الأمطار أو امتناعها أو لغير ذلك من الأسباب ، فيجب أن يتم التحليل مرة واحدة على الأقل فى اليوم حتى لا تزيد المواد المزيلة للعسر عن الحد أو تقل عنه ؛ فقد تزيد عن الحد فتكون سبباً للعسر أو تكوين القشر أو الرغوة ، وإن قلت فلا تكون إزالة العسر تامة .

ومن طرق إزالة العسر على البارد طريقة الزيوليت ، وهو عبارة عن معدن مكون من سليكات مزدوجة للألومنيوم والصوديوم : إما بأخذه من الطبيعة لوجوده بها أو بتحضيره صناعيًّا . فإذا رشح فيه الماء العسر

تكونت سليكات الكالسيوم والمغنسيوم وحل الصوديوم محلها ، وبعد فترة من الزمن تتراكم مركبات الكالسيوم والمغنسيوم فى الزيوليت لدرجة توقفهُ عن التفاعل . وهنا يمكن تجديد الزيوليت بغمره بمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) وتركه فترة يجدد فيها الزيوليت ما يلزمه من الصوديوم طارداً الكالسيوم والمغنسيوم ، اللذين سبق أن امتصهما على هيئة كلوريدات . وبهذه الطريقة يعيش الزيوليت لعدة سنوات .

والماء المعالج بهذه الطريقة لا يحوى إلا القليل من أملاح الكالسيوم والمغنسيوم وعيبها الوحيد أنها ترفع القلوية المتسببة عن كربونات الصوديوم إذا كانت المياه أصلاً غنية بالبيكربونات .

٢ – إزالة العسر بالطريقة الساخنة :

وهى طريقة تستفيد من الغازات العادمة الساخنة الناتجة بعد عملية احتراق أو البخار العادم بعد أن أدى الغرض منه ، وذلك لإزالة العسر المؤقت بتسخين ماء التغذية ، ثم إضافة كربونات الصوديوم لإزالة العسر الدائم بطريقة أسرع نظراً لارتفاع درجة حرارة الماء .

٣ – تكييف الماء داخل الغلاية :

وذلك بضبط إضافة الكيمياوات المزيلة للعسر داخل الغلاية العاملة ذاتها مع اللجوء إلى عدة حيل لجعل القشر الناتج سهل الإزالة .

مركبات الغلايات :

وهى مواد كثيراً ما يعلن عنها لإزالة العسر والتخلص من القشر ، وهى مواد يغلب عليها الماء وأفضل أنواعها لايزيد على أن يحوى كربونات الصوديوم أو فوسفاته . ومزاياها لا تتناسب فى الغالب والإعلانات الضخمة عنها .

ومن الماء اللازم للصناعة بصفة أساسية ما يلزم خلط الخرسانة وتراعى فى مواصفات هذا الماء ألا تزيد نسبة الكلوريدات به عن مائة جزء فى المليون .

ولما كان ماء النيل هو الغالب استعماله فى مصر كان من المفيد إعطاء لمحة عن تركيبه

تحليل ماء النيل

المواد الصلبة الذائبة	١٢ – قمحة فى الجالون
الكلور المتحد	٠,٤ – ٠,٧ قمحة فى الجالون
القلوية بالفينولفثالين (كربونات)	٧, – ١٠ قمحة فى الجالون
بالميثيل البرتقالى (بيكربونات)	٤,٥ – ٧,٥ (درجة كلارك)
العسر الكامل (مؤقت ودائم) بطريقة الفلوك	٤,٥ – ٧,٥
العسر الدائم	صفر – ١,٥
تركيز أيون الأيدروجين	٧,٩

تحليل طمى النيل

ثانى أكسيد السليكون	٥١,٤ ٪ وزناً
أكسيد ألومنيوم	١٥,٨ ٪ وزناً
أكسيد الحديد	١١,٦ ٪ وزناً
أكسيد الكالسيوم	٤,٣ ٪ وزناً
أكسيد مغنسيوم	٢,٩ ٪ وزناً
أكسيد بوتاسيوم	٢,٧ ٪ وزناً
أكسيد تيتانيوم	٢,١ ٪ وزناً
ثانى أكسيد الكربون	٠,٦ ٪وزناً
أكسيد الصوديوم	٠,٤ ٪ وزناً
ثالث أكسيد الكبريت	٠,٣ ٪ وزناً
خامس أكسيد الفوسفور	٠,٢ ٪ وزناً
نتروجين	٠,٢ ٪ وزناً
ثانى أكسيد المنجنيز	٠,١ ٪ وزناً

الفصل الثانى

الوقــود

ينضوى تحت اسم الوقود كل المواد التى إذا احترقت أمكنها إطلاق طاقة حرارية يمكن استغلالها : إما للأغراض المنزلية أو الصناعية ، وقدرة الوقود على الاحتراق ترجع إلى وجود عنصرين أساسيين به : هما الكربون والإيدروجين اللذان باحتراقهما أساساً تخرج الحرارة التى يمكن الحصول عليها ؛ كما أنه فى بعض أنواع الوقود – الكبريت بنسبة ضئيلة : فإذا احترق زاد من كمية الحرارة الناتجة ، ولكن هذه الزيادة لا أهمية لها . وفى أنواع الوقود الصلبة كالفحم الحجرى وفحم الكوك – الكربون حرًّا مطلقاً خالصًا ، أما فى الوقود الغازى والزيوت والخشب فيوجد الكربون متحداً فى مركبات . أما الإيدروجين فإذا استثنينا بعض أنواع الوقود الغازية فهو دائماً متحد مع عناصر أخرى هى فى العادة الكربون والأكسجين .

وعادة فى كل دراسة أكاديمية ما تبدأ دراسة الوقود بدراسة مبادئ الاحتراق ، وفيها يأتى الكلام عن درجة حرارة الاشتعال ، وعن اللهب الوضاء وغير الوضاء ، وإشعاع الحرارة من اللهب . ودرجة حرارة

اللهب ، واللهب المؤكسد واللهب المختزل ، والاشتراطات الواجبة لإكمال الاحتراق وأحجام الغازات المتفاعلة . ولكن نظراً لنوع الدراسة التى نحن بصددها – وهى دراسة عملية – وتبعاً للحدود التى ارتبطنا بها فإننا نتركها للمتخصصين .

انفجار الغازات :

حين تحرق الغازات بالطريقة العادية فإن سرعة الاحتراق تقررها سرعة مرور الغاز فى مصباح الاحتراق ، وهذه السرعة تتوقف بدورها على ضغط الغاز فى مستودع التغذية وعلى اتساع الفتحة التى يمر فيها الغاز ، أما إذا خرج الغاز مختلطاً بالهواء أو الأكسجين بنسبة مناسبة وذلك قبل وقت الاشتعال . فإن سرعة الاحتراق فى هذه الحالة لا تعتمد على سرعة الغاز ، بل إن موجة اللهب تمر فى المخلوط بسرعة عالية جداً ؛ وعلى ذلك فإن حجماً كبيراً من الغاز قد يحترق فى لحظة : فإن حدث هذا قيل إن انفجاراً قد وقع . وموجة اللهب أو الانفجار تسير بسرعة لها حد أقصى معين تبعاً لطبيعة الغاز ونسب المخلوط وغيرها .

ولنأخذ مثلاً من مخلوط مكون من حجمين من الإيدروجين مع حجم واحد من الأكسجين ؛ فإن موجة الانفجار تسير بسرعة قد تصل إلى حوالى ميل ونصف الميل فى الثانية ، وهى سرعة تعادل ست مرات ونصف المرة سرعة الصوت فى المخلوط . ومع أن موجة الانفجار تسير

بسرعة أبطأ من ذلك فى المخاليط المتفجرة المكونة من الوقود العادى مع الهواء – فمن الواضح أن الوقت الذى تستغرقه موجة الانفجار فى المرور بمثل هذا المخلوط إن كان فى أسطوانة محرك مثلاً سيكون فى الواقع قصيراً جدًّا، وبسبب التمدد الكبير الحادث فى نواتج الانفجار نتيجة لانطلاق الحرارة – فإن نواتج إن لم يسمح لها بشغل حيز أكبر – حدثت زيادة فى الضغط . والغازات القابلة للاشتعال حين تختلط بالهواء لا تنفجر مع أى نسب الاختلاط ، بل إن كمية الغازات إذا زادت أو نقصت عن حد معين فلن يحدث الانفجار حتى ولو قرّب منها مصدر للاشتعال .

القيمة الحرارية للوقود

وحدات الحرارة :

يجب التنبيه أولاً إلى الفرق بين درجة الحرارة وشدة الحرارة ومقدار الحرارة الناتجة : فلهب عود الثقاب العادى يعطى درجة حرارة عالية ؛ فشدة حرارته عالية ، ولكن مقدار الحرارة الناتجة قليل . ومقدار الحرارة يقدر بطريقتين :

١ – وحدة الحرارة البريطانية : وتقدر بمقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من الماء من درجة ٣٩ إلى ٤٠ درجة فرنهيتية .

٢ – السعر : ويقدر بمقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام من الماء من درجة ٤ إلى ٥ درجات مئوية .

وهذا يطلق عليه السعر الكبير ، أما السعر الصغير فيعنى رفع درجة حرارة جرام واحد ١٠٠٠ وحدة بريطانية = ٢٥٢ سعركجم ،

قوة التسخين بالنسبة لمكونات الوقود :

حين يحترق الرطل من الكربون يعطى ١٤٥٠٠ وحدة بريطانية إذا أنتج ثانى أكسيد الكربون ، أما إذا أنتج أول أكسيد الكربون فإنه يعطى

٤٤٥٠ وحدة بريطانية ، فإذا هرب أول أكسيد الكربون دون احتراق كامل إلى ثانى أكسيد الكربون كان فى ذلك خسارة ١٠٠٥٠ وحدة بريطانية .

وبهذه المناسبة يجب التنبيه إلى اتخاذ كل الاحتياطات لمنع تسرب أول أكسيد الكربون من أى مصدر كان إلى الهواء نظراً للخطورة الكبيرة لذلك على الصحة : فأول أكسيد الكربون يحدث التسمم نتيجة لاتحاده مع مادة الهيموجلوبين التى فى كرات الدم الحمراء ، ليكون مركباً يمنع الدم من حمل الأكسجين من الرئتين إلى بقية أجزاء الجسم .

والقليل منه الذى لا يتجاوزه ٠,٠٥ ٪ إذا استنشق لمدة ثلاثين دقيقة يحدث دوار الرأس والشعور بالتعب ، فإذا وصلت النسبة إلى ٠,١ ٪ يفقد القدرة على المشى

وإذا وصلت النسبة إلى ٠,٢ ٪ أدت إلى الإغماء

وإن أقل من ١,٠ ٪ لكفيل بإحداث الوفاة إذا استنشق لمدة عشر دقائق !

أما حين يحترق رطل الأيدروجين لينتج ماء فإنه يعطى ٦٢٠٠٠ وحدة بريطانية .

أما إذا احترقت مادة أيدروكربونية مثل الميثان لتعطى ثانى أكسيد الكربون وماء — فإن رطل الميثان يحتوى على ثلاثة أرباع من الكربون والربع من الأيدروجين . فثلاثة الأرباع حين تحترق لتعطى ثانى أكسيد

الكربون تعطى ١٠٨٧٥ وحدة بريطانية وربع الرطل من الأيدروجين يعطى ١٥٥٠٠ وحدة بريطانية ، فيكون المجموع هو ٢٦٣٧٥ وحدة بريطانية . ولكن فى الاستعمال العادى للوقود يستحيل الحصول على كل طاقته الحرارية نظراً لفقد الحرارة بطرق كثيرة منها ما يضيع فى بخر الرطوبة التى فى الوقود والحرارة التى فى الوقود الذى لم يحترق سواء كان فى غاز العادم أو فى الرماد ، والحرارة المفقودة فى تكوين أول أكسيد الكربون بدل ثانى أكسيد الكربون . والحرارة المفقودة فى الإشعاع إلخ .

الوقود الصلب

الخشب : يعادل فى كفايته الحرارية نصف الفحم الحجرى ، وتركيب الخشب الجاف يقرب من هذه النسب

كربون	٤٩,١ – ٥٠,٣ ٪
أيدروجين	٥,٩ – ٦,٣ ٪
أكسجين	٤٣,١ – ٤٤,٢ ٪
رماد	٠,٣ – ٠,٦ ٪

القيمة الحرارية = ٧٨٥٠ – ٨٦٨٠ وحدة بريطانية

وتتردد نسبة الرطوبة فيه حين قطعه بين ٢٥ – ٥٠ ٪ وبعد التجفيف فى الجو من ١٠ – ١٥ ٪ .

الفحم : وهو على أنواع كما هو مبين فى الجدول التالى

نوع الفحم	الرطوبة	المواد الطيارة	الكربون الثابت	الرماد	الكبريت	القيمة الحرارية بالوحدات البريطانية
ليجنيت	٣٣,٥ — ٤٠,٥	٢٦,٣ — ٣٩,٥	١٦,٢ — ٢٧,٠	٦,٢ — ١٠,٨	٠,٦ — ٠,٨	٦٢١٠ — ٧١٤٠
تحت البتيوميني	١١,٧ — ١٦,٥	٣٢,٩ — ٣٦,١	٤٠,٢ — ٤٥,٨	٤,٨ — ١٢,٠	٠,٦ — ١,١	٩٧٩٠ — ١٠٧٥٠
بيتيوميني	٣,٤ — ٦,٨	٢٨,٢ — ٤٠,٠	٤٧,٩ — ٦٠,١	٥,٣ — ٩,١	٠,٨ — ١,٤	١٢٣٣٠ — ١٣٦١٠
شبه بتيوميني	١,٤ — ٣,٣	١٤,٨ — ٢٠,٠	٧٣,٩ — ٧٦,٩	٦,٠ — ٦,٩	٠,٥ — ١,٥	١٤٣٣٠ — ١٤٤٩٥
شبه الإنثراسيت	٢,١	٩,٨	٧٨,٨	٩,٣	١,٧	٣٧٠٠
انثراسي	٢,٢ — ٣,٠	٢,٩ — ٥,٧	٨٦,٢ — ٨٦,٦	٥,٩ — ٧,٥	٠,٦ — ٠,٧	١٣٥٠٠ — ١٣٨٠٠

الاتجاه إلى زيادة الإفادة من الفحم :

اتجهت الأفكار لزيادة الإفادة من الفحم بدل حرقه على حالته الطبيعية . وقد جرت فى هذا الشأن أبحاث عدة كان أبرزها بحوث العلماء : برجيوس وفيشر وباتار .

طريقة برجيوس :

بعد بحث طويل توصل العالم الألمانى برجيوس إلى تحويل الفحم إلى زيت ، وذلك بهدرجته (أى إضافة الهيدروجين إليه) فيحدث فى الفحم تفاعل يحيله إلى سائل : وطريقة ذلك أن يصحن الفحم ويخلط بالزيت بنسبة ٨ : ٨ ثم يدفع بالكميات على ضغط ٢٢٠٠ - ٣٠٠٠ رطل على البوصة المربعة إلى وعاء التفاعل الذى يحتوى على بعض الزيت ، ويسمح للأيدروجين بالدخول مع تسخين الخليط إلى درجة ٥٠٠ مئوية فى الوقت نفسه .

وللحصول على الأيدروجين اللازم لهذه العملية تسخن النواتج الغازية الخارجة من التفاعل مع بخار الماء فينتج أيدروجين مخلوط بأول أكسيد الكربون الذى لا يتداخل فى التفاعل . وليس من الضرورى أن يكون الأيدروجين نقيًّا كما يحدث فى إنتاج النوشادر أو السمن الصناعى ؛ كما أن بعض الزيت الناتج من العملية يخلط ثانية مع الفحم المسحوق : فإذا كانت نسبة الرماد لا تزيد عن ١٠ ٪ فإن الفحم يتحول

بنسبة ٤٠ – ٧٠ ٪ إلى سائل ، ويخرج من طن واحد من الفحم من ١٠٧ – ١٨٥ جالوناً من الزيت يمكن الحصول منه على ٤٥ جالوناً من بنزين السيارات .

طريقة فيشر الألمانى :

وفيها يعالج الفحم ببخار الماء فينتج أيدروجين وأول أكسيد الكربون ، ثم يستعمل المحفزات والضغط العالى لهدرجة أول أكسيد الكربون والحصول على مركبات سائلة منها الكحول وبعض الأحماض الدهنية .

طريقة باتار الفرنسى :

يحول الفحم بمعالجته بطريقة الغاز المائى إلى أول أكسيد الكربون وأيدروجين ، وباستعمال الضغط والمحفزات تمكن من الحصول على الكحول الميثيلى وأنواع أخرى من الكحول وبعض المركبات الأخرى الناتجة من أكسدة الكحوليات .

فحم الكوك :

الكوك هو المادة المتخلفة من تقطير الفحم البتيومينى ، وأهم مكوناته الكربون ؛ ويمكن إجمال التغيرات التى تحدث فى عملية التقطير وتحول

الفحم الحجرى إلى كوك بملاحظة النسب المئوية لمكونات المواد الغازية التى بالفحم الحجرى :

	الماء	المواد القابلة للاحتراق	الكربون الثابت	الكبريت	الرماد
الفحم الحجرى	٤,٥٠	٢٥,٤٠	٦٤,٢٥	٠,٨٧	٥,٨٥
الفحم الكوك		٠٠,٧٣	٩٠,٤٩	٠,٧٨	٨,٧٨

وأهم ميزة لفحم الكوك كوقود هى مساميته ؛ فكثافته النوعية الظاهرية ٠,٩ على حين أن الكثافة الحقيقية ١,٩٠ ، وعلى ذلك فإن حوالى ٥٠ ٪ من حجمه عبارة عن فراغ مليء بالهواء .

وهذه المسامية هى التى تساعد الكوك على أن يحترق فى يسر . والقيمة الحرارية للكوك نحو ١٣٠٠٠ وحدة بريطانية فى المتوسط ؛ كما أنه من طن واحد من الفحم البتيوميني بالإضافة إلى الحصول على النوع الممتاز من الكوك نحصل على الآتى :

القار ٩ – ١٢ جالوناً

كبريتات النشادر ٢٣ – ٢٦ رطلاً

زيت خفيف ٢,٧٥– ٣,٥ من الجالون

الغاز الكلى ١١٠٠٠ قدم مكعبة قيمتها الحرارية ٥٧٥ وحدة بريطانية

وفى تنقية الغاز الناتج أمكن الحصول على كبريت من نوع ممتاز يصلح لمقاومة أنواع العفن ؛ كما أمكن الحصول على ثيوسيانات النشادر والصوديوم والكالسيوم ؛ ومن ثيوسيانات النشادر أمكن صنع بعض اللدائن الشبيهة بالباكليت ؛ كما أمكن الحصول على نوع شفاف من هذه اللدائن يسمح بنفاذ الأشعة البنفسجية ، وقد يمكن استعماله بدل الزجاج ، كما وجد أن ثيوسيانات الصوديوم تساعد على إثبات البطاطس وكذلك تستعمل ثيوسيانات الكالسيوم كمذيب لمادة السيليولوز .

الكوك كوقود فى عمليات استخلاص الفلزات :

يستخدم الكوك بكثرة فى استخلاص الفلزات وخصوصاً الحديد ، فهو يفضل الفحم الحجرى إذْ إنه يحتوى على كبريت أقل ، كما أنه يقدر على حمل ثقل الشحنة فوقه ، وهذا ما لا يستطيعه الفحم الحجرى . والكوك أقل جودة من الفحم النباتى نظراً لأن الكوك يحتوى على نسبة أكبر من الكبريت والفسفور والرماد ، ولا يمنع انتشار الفحم النباتى إلا غلاء سعره ؛ كما أن صلابة الكوك تجعله أفضل ؛ إذ يسمح بتحمل أثقال أكبر مما يساعد على بناء أفران أعلى .

ومن الكوك يأخذ الحديد شوائبه من الكبريت والفسفور ؛ ولذلك يجب عمل احتياطات لذلك فى التخلص من الرماد . وأبغض ما فى الكوك من شوائب هو الكبريت الذى تتردد نسبته فى أحسن الأنواع من

٠,٥ ٪ إلى ٢ ٪ فى أردأ الأنواع . وفى الكوك العادى تتردد هذه النسبة بين ٠,٥ – ٠,٢٥ ٪ . أما الفسفور فليست نسبته كبيرة ؛ فهى عادة ٠,٠٤٥ ٪ ومعلوم أن ٠,٠٣ هى الحد الأعلى المسموح به للاستعمال مع الحديد المطلوب له نسبة منخفضة من الفسفور .

ورماد الكوك تتردد نسبته بين ٦ ٪ فى الأنواع الممتازة إلى ١٤ ٪ أو ١٦ ٪ فى الأنواع الرديئة . ومعلوم أن قلة الرماد تساعد على إجراء أعمال الاستخلاص بطريقة أكثر اقتصاداً .

الوقود السائل

احتراق الوقود السائل :

تحترق أنواع الوقود السائلة بطريقة أيسر من الوقود الصلب وإن كانت فى السرعة أقل من الأبخرة والغازات . وتكون الزيوت أسرع وأيسر احتراقاً إذا أمكن تفتيتها وتذريتها ، وذلك بانبجاس الهواء المضغوط أو البخار على زاوية محدودة فى نافورة الزيت .

والهواء المضغوط يفضل البخار فى ذلك ، لأنه يساهم بما به من أكسجين فى إحراق الزيت ، ولو أن استعمال البخار أيسر ، إذْ إن استعماله لا يحتاج لآلات خاصة للضغط ؛ كما يحدث فى حالة الهواء ،

وفى معظم أجهزة الاحتراق فى الغلايات الثابتة يستعمل البخار ، أما الهواء فلا يستعمل إلا فى الحالات النادرة .

ميزات الوقود السائل :

يتميز الوقود السائل بسهولة التحريك والتخزين ؛ كما يمكن إشعاله آليا دون حاجة إلى وقادين ؛ كما فى حالة الفحم ، وبذلك تقل النفقات ؛ كما يمكن ضبط النار لتعطى أعلى حرارة ممكنة فى فترة قصيرة ؛ وكذلك يمكن إخمادها فى لحظة . ولا وجود للتراب والرماد والبقايا المتماسكة ؛ كما أن فقد الحرارة عن طريق العادم الخارج من المدخنة يصل إلى أدنى حد نظرا لنظافته .

ومن الميزات أيضاً للوقود السائل ارتفاع قيمته الحرارية فمتوسط القيمة الحرارية للفحم الحجرى تقارب ١٣٠٠٠ وحدة بريطانية للرطل على حين أن المازوت قيمته الحرارية ١٩٠٠٠ تقريباً .

ومن الضرورى أن يخلو الزيت من الماء وإلا نقصت قيمته الحرارية ١٣١٤ وحدة بريطانية لكل ١ ٪ من الماء ، وإن كان تخليص المازوت من الماء صعباً نظراً لتقارب كثافتهما .

ومن أهم أنواع الوقود السائل الزيوت الخارجة من خام البترول ؛ ولذا وجب الحديث عنه ببعض التفصيل ؛ كذلك نظراً لأهميته فى اقتصادنا واقتصاد الشرق الأوسط عامة .

البترول الخام

أصل البترول :

هناك نظريتان عن أصل البترول :

الأولى وهى نظرية الأصل غير العضوى للبترول : وملخصها أن البترول الخام قد تكوّن فى باطن الأرض نتيجة تفاعلات بين مواد غير عضوية . ولتأييد هذه النظرية قيل : إن حمض الكربونيك والكربونات الذائبة فى مياه الأرض حين تؤثر على الفلزات تنتج أيدروكربونات . وهى المركبات الغالبة فى البترول .

كما أن الكربيدات (مركبات من فلز متحد بالكربون) المتكونة فى باطن الأرض بانصهار الفلزات مع الكربون قد تكون سبباً فى إنتاج البترول : فمن المعروف أن الماء بتفاعله مع الكربيد ينتج غاز الإسيتيلين الذى يمكن بعمليتى البلمرة (أى اتحاد جُزَيْئين أو أكثر) والهدرجة (أى الاتحاد مع الأيدروجين) — أن يتحول إلى مركبات أيدروكربونية شبيهة بمثيلاتها فى البترول الخام غير أنه تنقصها ما يعرف عند الكيمياويين بالفاعلية البصرية أى القدرة على إدارة الضوء المستقطب (أى الذى يتحرك فى مستوى واحد فقط) ذات اليمين أو ذات اليسار ، كما تفعل كل خامات البترول تقريباً ، كما أن وجود البترول دائماً — باستثناء حالتين

نادرتين كما سيأتي بعد – فى الصخور الرسوبية (وهى صخور تفتتت من غيرها بفعل عوامل الطبيعة ، ثم تراكمت مترسبة) ، وعدم وجوده فى الصخور النارية (وهى صخور تجمدت من مواد مصهورة إما على سطح الأرض أو فى داخلها على أعماق قليلة أوكبيرة) – مما يهدم هذه النظرية ويعزز النظرية الأخرى .

النظرية الثانية التى تقول **بالأصل العضوى للبترول** : ويميل كل العلماء تقريباً للأخذ بهذه النظرية التى تقول :-إن البترول نتج عن تحلل مواد عضوية ذات أصل حيوانى أو نباتى . لأنه فى بعض الأحيان يوجد البترول فى صخور مملوءة بحفريات حيوانية ، كما أن العلامة الألمانى إنجلز قد استطاع بتقطير نصف طن من سمك ميهادن تحت ضغط يعادل عشر مرات من الضغط الجوى أن يحصل على زيوت أيدروكربونية مصحوبة بغاز لها فعلاً خواص البترول الطبيعى ؛ مما يؤيد أن البترول قد تكون بتأثير الحرارة والضغط على البقايا العضوية المدفونة فى باطن الأرض .

وأكثر النظريات احتمالاً هى التى تأخذ من عدة نظريات لتحاول أن تقربها وتضاهيها بأحوال كالتى تحدث فى أيامنا \هذه : فأول ما يحتاج البترول لتكوينه بيئة بحرية ضحلة مثل خليج المكسيك والخليج العربى ، ويكون فيها الماء غنياً بالحيوانات والنباتات التى تعيش فى المياه الملحة سواء كانت هذه الأحياء كبيرة أو صغيرة مجهرية وهذا هو الشرط الأول .

أما الشرط الآخر فهو أن هذه الأحياء حين تموت يجب أن تهوى إلى قاع البحر حيث تدفن ، وتغطى بالطمى الذى جاءت به الأنهار حاملة له . تماماً مثلما يحدث من طمى نهر المسيسبي الذى يدفن الملايين من الأحياء المائية وهو يرسب فى قاع خليج المكسيك ، ويجب أن تكون الأحوال فى قاع البحر بحيث لا تسمح بالتحلل السريع لهذه الكائنات الميتة : ذلك بأن يكون مثلا ماتحويه من الأكسجين قليلاً ، وبتراكم الطمى فوق الطبقات الحاوية للبقاع العضوية يحدث ارتفاع فى الضغط وفى درجة الحرارة معاً فى هذه الطبقات المصدرية . فهذه الظروف مجتمعة مع ما يصاحبها من فعل البكتيريا ، وربما أيضاً مع بعض النشاط الإشعاعى كفيلة بأن تحيل الأجزاء الرخوة فى هذه الكائنات إلى البترول والغاز الطبيعى .

ومرور الزمن وتحت تأثير الضغط المتزايد الحادث من طبقات الصخور على الطبقات المصدرية للبترول يؤدى إلى أن يعتصر منها معظم البترول والغاز وربما بعض الماء المصاحب لهما تبعاً لتفاديه الصخور المجاورة بحيث تسمح للسوائل أن تهرب إليها ، لكى تحويها فى مسامها أو فى مجموعة منفصلة من الشقوق فيها . وبمثل هذه الطريقة يتمكن البترول من الهرب إما إلى أعلى أو إلى الجوانب أو ربما إلى أسفل أيضاً . وتقدير المدى الذى يستطيع البترول أن يهرب فيه من الأمور الصعبة جداً ، ولكن هناك بعض الشواهد التى تدل على هروب البترول لمسافات طويلة قد

تصل لعشرات الأميال !

فإذا اعترضت طريق البترول صخور عديمة النفاذيّة بحيث لا تسمح بمرور السوائل كالطمى مثلاً ، وحدث أن كان تحت هذه الصخور تراكيب من الرمال أو الحجر الجيرى المتشقق وهى من النوع الذى يسمح باحتواء السوائل فى مسامها أو شقوقها ، وأحاط بها فى الوقت نفسه من الجوانب عوامل جيولوجية تمنع تسرب البترول منها – فإن البترول يختزن فيها مكوناً مستودعاً بتروليًّا ، وسميت هذه الصخور المختزنة بالصخور الخازنة .

ذلك هو مجمل النظرية العضوية عن أصل البترول وتلك هى الشواهد التى تؤيدها استقيناها من المعمل أو من الطبيعة . إلا أن هذه النظرية كانت محل هجوم نظراً لأن كلاًّ من الأسباب المؤدية لوجود البترول قد ظهر ضعفه ، إلا أن تكون كل هذه الأسباب قد اجتمعت فى عملية معقدة جدًّا .

كما أن وجود البترول فى الجرانيت المتفتت فى فنزويلا ، وفى الصخور النارية فى شرقى سيبيريا وغربيها ، وكذلك فى الصحراء الكبرى قد فتح المجال (ثانية) لنظرية الأصل غير العضوى للبترول .

وفى أوائل عام ١٩٦٤ رفع الدكتور بول ماركس إلى الجمعية الكيمياوية الأمريكية رسالة رفض فيها النظرية العضوية وقال : إن أصل البترول غير عضوى ، وقد تكوّن من حدوث تفاعل كيمياوى

كهربى بين الجرافيت ورواسب كبريتيد الحديد على عمق يتردد بين سبعة إلى تسعة أميال تحت سطح الأرض ، وقد حدد هذا العمق بناءاً على أساس درجات الحرارة والضغط المؤدية لقيام التفاعلات اللازمة : فبعد حدوث التفاعل الأولى بين كبريتيد الحديد والجرافيت يقوم الجرافيت بتوجيه التيار الكهربى إلى الماء الأرضى المشبع ليخرج منه الأيدروجين الذى يتحد هو وكربون الجرافيت ، ثم تعمل درجات الحرارة السائدة فى بيئة التفاعل ، وكذلك الضغط الكهربى العالى على تكوين الأيدروكربونات البرافينية . وفى أثناء صعود هذه المركبات خلال الشقوق والفوالق الأرضية لكى تصل إلى طبقات أعلى تأخذ الكبريت من الأرض ، لكى تكون المركبات الكبريتية ، كما تأخذ فى التعقد فى تركيبها ، لكى تكون المركبات النافتينية والأسفلتية والأحماض العضوية .

هذه النظرية – وإن كانت لا تحظى باهتمام كبير – تفتح باب الأمل . فإذا كانت النظرية العضوية تقول : إن البترول تكون فى ملايين السنين ، ثم نأتى نحن فنستنفده بسرعة كبيرة قد تؤدى إلى نفـــاده فى عشرات السنين فلا يبقى منه شىء – فإن النظرية غير العضوية تعطى بعض الأمل ، على أن البترول مستمر فى التكوين وبسرعة معقولة تكاد تعوض بعض ما يستنفد ، كما أنها بتوجيهها النظر إلى الأعماق الكبيرة التى يتكون فيها البترول قد تؤدى إلى تطوير كبير فى أساليب البحث عن البترول واستنباطه .

الأيدروكربونات البترولية :

أنواع البترول الخام عبارة عن مواد معقدة التركيب ؛ فهى ليست مادة بسيطة محددة التركيب كالماء مثلاً ، بل هى عادة عبارة عن خليط من السلاسل الأيدروكربونية المختلفة ، من أهمها البرافينات والأوليفينات والنافتينات والأيدروكربونات العطرية بالإضافة إلى بعض الشوائب وللكلام عن هذه المركبات فى شرح مبسط نقول : إن الأيدروكربونات وهو الاسم الجماعى لهذه المركبات لاتعدو أن تكون كاربيدات مثل كاربيد الكلسيوم الذى يستعمل فى توليد الإسيتيلين بصب الماء عليه وكربيد الحديد : أى أنها مركبات من فلز متحد باللافلز وهو الكربون ، فكذلك الأيدروكربونات عبارة عن اتحاد بين الكربون والإيدروجين ؛ ولما كان للكربون ميزتان هما أن ذرة الكربون تحتاج لأربع ذرات أيدروجين لكى يكون مشبعاً ، والميزة الأخرى أن لذرة الكربون القدرة على الالتحام بذرة كربون أخرى ، ولكن يبقى لذرتى الكربون قدرة على الالتحام فقط بثلاث ذرات أيدروجين ؛ لكى تكونا مركباً مشبعاً ، فإن قل عدد الذرات من الأيدروجين عُدّ المركب غير مشبع ؛ وبهذا ننتقل من الأيدروكربونات المشبعة وهى البرافينات إلى المجموعة الأخرى وهى الأوليفانت ، وهى تماثل الأولى من حيث عدد ذرات الكربون ، ولكنها أقل فى الأيدروجين ، فإذا قل الأيدروجين عن ذلك انتقلنا إلى المجموعة الثالثة ، وهى مجموعة الإسيتيلين . وقد يلجأ جزىء الأيدروكربون غير

المشبع إلى أن يكسب نفسه بعض الاستقرار : فبدل أن تسير ذرات الكربون عند التحامها لتكوين الجزىء نقول بدل أن تسير فى خط مستقيم تحاول أن تكون حلقات أهمها الحلقات الخماسية والسداسية ، ومع أن ذرات الكربون فيها غير مشبعة فإنها فى استقرار كيمياوى يجعلها تتصرف كالمشبعة ، وهذه المجموعة الحلقية تسمى النافتينات وهذه وإن كانت أقل من البرافينات تشبعاً - تقاربها فى الاستقرار الكيمياوى .

ثم هناك مجموعة أخرى من الأيدروكربونات الحلقية أقل تشبعاً من النافثينات من حيث عدد ذرات الأيدروجين فيها ، ولكنها ذات استقرار كيمياوى ، وهذه تسمى العطريات نظراً لما تتمتع به من رائحة خاصة ، ومن هذه العطريات البنزول والتولوين والزيلين ، وهذه قد يزدوج الجزىء منها فيكوِّن النافتالين أو يتثلث فيكوِّن الإنتراسين ، وبهذا نكون قد مررنا على كل ما يحتمل أن نلاقيه فى البترول الخام من مركبات !

إنتاج البترول :

يمكن من يرغب فى متابعة هذا الموضوع من الناحية الإحصائية - أن يتصل بمجلة البترول بالهيئة العامة للبترول تليفونياً للحصول على ما يريد ؛ ولذلك فسنكتفى بلمحة تاريخية عابرة قد يجد فيها القراء بعض الطرافة :

فمع أن البترول قد عرفه الأقدمون حين كان ينتشر على الأرض فى

صورة برك ، أو يخرج مندفعاً منها فى صورة سائل أسود ، أو فى صورة غازاتٍ ما إن تلاقى الهواء حتى تكون شعلة دائمة من النيران يسجد لها عبدة النار إلا أن استغلاله جديًّا لم يتم إلا فى أواخر القرن التاسع عشر .

صحيح أن الصينيين عرفوا حفر الآبار ، ولكن كان هدفهم الرئيسى هو الحصول على الملح من باطن الأرض ، أما الحفر بقصد الحصول على البترول فقد بدأ فى رومانيا عام ١٨٥٧ حيث أنتج ٢٠٠٠ برميل فى السنة ، ثم استتبع ذلك حفر أول بئر فى أمريكا بيد المقدِّم دريك عام ١٨٥٩ فى ولاية بنسلفانيا حيث أنتج ٢٠٠٠ برميل فى العام . وفى مصر حصلت الشركة الفرنسية للكبريت على امتياز للبحث والتنقيب عن الكبريت فى منطقة جِمْسَة على ساحل البحر الأحمر عام ١٨٦٣ ، وعثرت على رشح بترولى فى مناجمها عام ١٨٦٨ مع أن هذه المنطقة كانت معروفة بزيتها البترول منذ عهد الرومان حيث أطلقوا التسمية المعروفة على جبل الزيت ، وكذلك عرفه الفراعنة فاستعملوه فى الطلاء والتحنيط .

وفى أبريل من عام ١٩٠٩ نجحتْ شركة تراست فى حفر أول بئر منتجة فى منطقة جمسة ثم تلا ذلك اكتشاف الشركة الإنجليزية المصرية لآبار الزيوت لحقل الغردقة فى ديسمبر ١٩١٣ . وكان إنتاج مصر من البترول عام ١٩١١ يعادل ٢٧٩٣ طنًّا فى السنة فقفز إلى ٢٧٩٦٠ عام ١٩١٢ ، ثم إلى ١٠٣٠٠٠ عام ١٩١٤ ثم إلى ٢٧٢٠٠٠ عام ١٩١٨ . وفى عام

١٩٣٨ بدأ استغلال حقل رأس فقفز الإنتاج السنوى إلى ٦٦٠٠٠٠ عام ١٩٣٩ ارتفع إلى ٩٢٦٠٠٠ عام ١٩٤٠ ، ثم إلى ٢,٦٠٧,٠٠٠ عام ١٩٥٠ ، ثم إلى ٣٦٢٨٠٠٠ عام ١٩٦٠ ، ثم وصل إلى ٧١٢٢٠٠٠ طن فى عام ١٩٦٥ . وبقية القصة معروفة للكثير من القراء .

أنواع البترول الخام :

يقسم رجال البترول خام البترول ثلاثة أنواع تبعاً لما يتخلف منه بعد تقطير الأجزاء الخفيفة منه وهى البنزين والكيروسين والسولار بالطريقة المباشرة ودون إحداث أى تغيير فى طبيعة الخام بأى نوع من العمليات التحويلية : أى أنهم يحكمون على طبيعة الخام مما يتبقى منه من المازوت فهناك :

١ – **البترول الشمعي** : ويحتوى على شمع البرافين والأسفلت به قليل أو معدوم ، ويتكون أساساً من الأيدروكربونات البرافينية ، ولذلك فهى تعطى عادة كميات من شمع البرافين ، وكذلك أحسن أنواع زيوت التزييت (أو المزلِّقات) .

٢ – **البترول الأسفلتى** : وشمع البرافين به قليل أو معدوم ، ولكن المواد الأسفلتية تكثر به ، والأيدروكربونات التى به فى الغالب نافتينية . وزيوت التزييت التى تخرج أقل جودة من البرافينى ، وتحتاج لعلاج خاص بمعامل التكرير .

٣ - البترول المختلط : به شمع البرافين كما أن به المواد الأسفلتية وأيدروكربوناته برافينية ونافتينية مع نسبة من العطرية .

تكرير البترول فى المصافى :

لا يوجد نوع من الخام بتركيبه الطبيعى الخاص يعطى كل المنتجات التى تطلبها السوق وبالنسب والكميات المطلوبة . والمنتجات الشائعة هى الغازات مثل البروباجاز والبوتاجاز ، والبنزين والكيروسين والسولار والديزل وزيوت التزييت المختلفة والمازوت والشمع والأسفلت بأنواعه .

وأهم عمل لمصفاة البترول الإنتاج بأحسن الطرق اقتصاداً للكميات اللازمة من المنتجات ، وبالمواصفات المحددة ، وذلك من الخام أو الخامات التى تقدم إليها . والمصفاة لكى تضطلع بهذه المسئولية عليها أن تستعين بالطرق المناسبة وبالمعدات والأجهزة اللازمة والعمليات التى تجرى فى المصفاة يمكن أن تندرج تحت ثلاثة أقسام رئيسية :

١ - عمليات الفصل : وتعتمد على الاختلاف فى الخواص الطبيعية للأيدروكربونات ، وتشمل التقطير والامتصاص والاستخلاص بالمذيب :

فالتقطير يعتمد على اختلاف حجم جزىء المركبات : فالجزيئات الصغيرة تغلى قبل الكبيرة ، ولو أنها تفصل فى مجموعات ، فما يتقطر من البترول حتى درجة ١٥٠° مئوية تحت الضغط الجوى العادى يسمى

(بنزينا) وما يتقطر بين ١٥٠° – ٢٥٠° يسمى (كيروسيناً) وما يتقطر بين ٢٥٠° – ٣٠٠° يسمى (سولاراً) وما يتبقى بعد ذلك يسمى (المازوت) وهو إما أن يخرج إلى السوق كما هو ، أو يقطر تحت ضغط مخلخل ، وأقل من الضغط الجوى بكثير (إذ قد يكون أقل من $\frac{١}{٢٠}$ مه) لتخرج منه قطفة خفيفة هى السولار ، وقطفة متوسطة – وثقيلة يمكن استخلاص شمع البرافين وزيوت التزييت منها . ويتبقى بعد ذلك الأسفلت بدرجاته المختلفة من الصلابة تبعاً لنسب ما يتقطر من المنتجات السابقة .

أما عملية الامتصاص فهى أساساً عملية ذوبان : فالغازات والأبخرة ذات الجزيئات الصغيرة تذوب فى بعض السوائل ؛ كما يذوب الهواء فى الماء ، ولذلك يستعان ببعض السوائل البترولية لامتصاص الأجزاء الخفيفة والمتطايرة .

أما عملية الاستخلاص بالمذيب فتعتمد على تفضيل بعض مكونات الزيت ، وهى عادة العطريات لمذيب خاص ، فإذا رج الزيت مع المذيب ، ثم ترك المخلوط ليستقر – تكونت طبقتان طبقة الزيت الأصلى ، وطبقة المذيب وبه مذاب بعض مكونات الزيت : مثل خلط الكيروسين مع ثانى أكسيد الكبريت ؛ ليلتقط منه العطريات واستعمال الفيرفورال التى هى مادة تغلى عند درجة ١٦٢° مئوية وتخرج من ردة القمح بمعالجتها بالأحماض المخففة ، فى استخلاص الشوائب غير المرغوب فيها من زيوت التزييت .

٢ – **العمليات التحويلية** : نظراً لحاجة السوق لمنتجات أكثر مما هو موجود طبيعيًّا فى البترول الخام لذلك كان من اللازم اللجوء إلى العمليات التحويلية ، وهى عمليات تغير فى تركيب الجزيئات الأيدروكربونية مثل تحويل المازوت إلى بنزين بالتكسير إما بالحرارة أو بالمحفِّزات ، وتفحيم المازوت ليعطى (كيروسين وسولار) .

كما أن هناك عمليات تحويلية لتحسين خواص المنتجات كتحسين الرقم الأوكتينى للبنزين وتسمى عمليات إصلاح .

كذلك هناك عمليات تحويلية لبناء جزيئات أكبر من أخرى أصغر مثل عمليات البلمرة والألكلة والأزمرة .

٣ – **عمليات المعالجة أوالتنقية** : بعض المنتجات الخارجة من العمليات السابقة تحتاج للتنقية مثل إزالة الشوائب غير المرغوب فيها ، أو تحويل الشوائب الضارة فلا تضر ، أو تحسين اللون أو الرائحة ، أو ضمان الاستقرار فى أثناء التخزين : مثل معالجة الكيروسين بحامض الكبريتيك ، أومعالجة المقطرات وهى فى الحالة الغازية بالأيدروجين ليحول ما بها من كبريت إلى كبريتيد الأيدروجين الذى تسهل إزالته. أوتنقية منتجات قبل تحويلها لمنتجات أخرى .

وفيما يلى نسب المنتجات المقطرة من خامات مختلفة من مصافى جمهورية مصر العربية :

المتقطر	رأس غارب	الغردقة	رأس سدر	عسل	مطامر	بلاعيم	روسى	عربى
غاز	١,٠٧	١,٠٧	٠,٦٥	٠,٣٠	٠,٣٩	٠,٧٨	١,٢٠	,٨٩
غاز سائل	١,٦١	,٦١	٠,٣٨	٠,١٨	٠,٢٢	٠,١٨	٠,٨٥	١.٣٦
بنزين	٨,٩٣	٨,٩٣	٢,٦٣	١,٢٠	١,٥٥	٦,٧٢	١٥,٤٥	١٣,٢٣
كيروسين	٥,٥٦	٥,٥٦	٨,٧٤	٩.٩٦	—	—	١٠.٠٢	١٧,٩٠
سولار	٢,٧٨	٢,٧٨	١,٢٢	١,٢٢	—	—	١٣,٠٨	١٠,٤٠
ديزل	٣.٥١	٣,٥١	—	—	—	—	٤.٤٣	٢.٢٦
مازوت	٧١,٨٥	٧١.٨٥	٨٠.٩٩	٨١,٧٥	٩٢,٤٦	٨٦.٩٤	٤٩.٥٥	٤٦.٥٥
كبريت	٠.٢٨	٠,٢٨	—	—	—	—	—	—

وإلى هنا نقف عن الاسترسال فى الكلام عن البترول برغم أهميته وذلك لضيق الحيز المحدد للموضوع .

الوقود الغازى

مزايا الوقود الغازى وعيوبه : قلنا قبلا : إن الوقود يكون أكثر استعداداً للاحتراق إذا تحول إلى بخار أو غاز فكان ذلك أدعى لزيادة فاعلية احتراقه ، وإن كان ذلك لا يعنى أى زيادة فى الحرارة الناتجة . ولكنها ميزة من حيث سهولة استعمال الغاز وتوجيهه بحيث يسهل تركيز اللهب . وهناك ميزات أخرى وهى :

١ – سهولة التحكم فى درجة الحرارة .

٢ – قلة الدخان مما يدل على تمام الاحتراق حتى لو كانت كمية الهواء تزيد قليلاً على الكمية المفروضة نظريًّا .

٣ – يمكن استعمال الغاز مباشرة فى الحصول على الطاقة كما هو الحال فى المحركات الغاز .

وهناك ميزات أخرى للغازات كسهولة النقل ، وسهولة التغذية بها .

وهناك أنواع من الوقود الغازى مثل المولدات ، وهو عبارة عن غاز اصطناعى ناتج من احتراق غير كامل لوقود صلب فى مُوَلِّد مغلق جزئياً وله تركيب خاص ، ويسمى بمولد الغاز ، وهناك الغاز المائى وتختلف طريقة توليده والغاز السابق فى أن الهواء والبخار يدفعان بالتبادل إلى المولد .

وغاز الفرن العالى وهو العادم الخارج من أعلى الفرن العالى فى عملية استخراج الحديد ، ونسبة المواد القابلة للاحتراق فيه ٣١,٣٧ ٪ فقط .

وغاز الفحم ويحصل عليه بالتقطير الإتلافى للفحم الحجرى فى معوجات . وكان ينتج قديماً فى السبتية لإضاءة القاهرة ، والغاز الطبيعى ويتصل مصدره بحقول البترول ، أما البوتاجاز فهو غنى عن التعريف .

الوقود الدافع للصواريخ

يختلف الوقود الدافع للصواريخ والوقود العادى فى أنه يحتوى — زيادة على الوقود — على مواد مؤكسدة تؤدى إلى إحداث تفاعلات كيمياوية تتسبب فى تولد غازات ساخنة تؤدى إلى دفع الصاروخ بسرعات عظيمة والوقود الصلب يكون هو والمؤكسد صلباً أما فى السائل فيكون الاثنان سائلين .

الوقود النووى (الذرى)

كان اكتشاف الانشطار النووى لبعض العناصر الثقيلة عند اصطدام النيوترينات بها ، وما يتولد عن ذلك من طاقة هائلة حدثاً تاريخياً فتح الباب أمام البشرية كى تستخدم مورداً جديدًا من موارد الطاقة حين

تنفذ موارد الطاقة الاحتياطية من أنواع الوقود العادية مثل الفحم والبترول ، وخصوصاً إذا علمنا أن الطاقة المنطلقة من الانشطار النووى الكامل لرطل واحد من اليورانيوم تعادل الطاقة الحرارية الناجمة عن احتراق ١٤٠٠ طن من الفحم !

ويحدث الانشطار النووى أساساً لنظير من نظائر اليورانيوم وهو يورانيوم ٢٣٥ ، وذلك نتيجة لامتصاص نواته لنيوترون وتحولها تبعاً لذلك إلى نواة مركبة غير ثابتة تنشطر ، فى خلال وقت قصير جدًّا يبلغ الجزء من المليون من الثانية ، إلى جزأين يطلق عليهما نواتج الانشطار الأولية .

وقد وجد أن مجموع وزنى الذرتين اللتين تنشطر إليهما النواة أقل من وزن النواة الأم ، هذا النقص فى كتلة المادة يتحول تبعاً لقانون أينشتين المشهور (الطاقة = كتلة المادة × مربع سرعة الضوء) إلى طاقة تظهر فى الغالب على صورة أشعة جاما ، وكطاقة حركة لشظايا الانشطار فضلاً عن أن نواتج الانشطار نفسها غير مستقرة ، وتتحلل تلقائيًّا لتشع جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وطاقة على شكل أشعة جاما .

وتقدر الطاقة المنبعثة عن انشطار نواة واحدة من اليورانيوم بمائتى مليون إلكترون فولت ، وهذا يعادل بالنسبة للإرج وهو وحدة الشغل بما مقداره : ١,٦٠٣ × ١٠^٦ ، كما ينطلق من كل انشطار نيوترونات حرة يتردد عددها بين ٢ و ٣ ، وهذه تستحدث انشطارات أخرى ، ويمكن

استغلالها فى الحصول على تفاعل متسلسل من الانشطارات المتتالية .

المفاعل النووى : هو الوسيلة التى يمكن بها تحويل طاقة الانشطار إلى قدرة بناءة : أى أنه الأداة التى يبدأ فيها الانشطار النووى ، وينتج تبعاً لذلك تفاعل «متسلسل» يمكن التحكم فيه لإنتاج طاقة حرارية بمعدل ثابت بحيث يمكن استغلالها فى توليد الكهربا فى محطات القوى التقليدية : ولكى يتم التفاعل المتسلسل بصورة مستمرة يجب التقليل بقدر الإمكان من الفاقد من النيوترونات حتى يتوافر من كل انشطار نيوترون واحد على الأقل كى يستحدث انشطاراً آخر وهلم جرا .

هذا ما أمكن الوصول إليه من التبسيط فى شرح الانشطار النووى والمفاعل النووى ، ومعذرة عن عدم الاسترسال ؛ لأن ذلك سيدخلنا فى شرح نواحٍ تكنولوجية قد تند عن ذهن القارئ العادى .

الفصل الثالث

الفلزات الحديدية

الحديد والصلب

إن اختيار المواد التى تصنع منها أجهزة المصانع من أهم الاعتبارات عند الإنشاء : فالمصانع وخصوصاً الكيمياوية منها قد تستخدم بعض المواد التى تحدث التآكل ، فإن لم يراع ذلك عند إنشاء المصنع فستكون النتيجة استهلاك الأجهزة إن لم تكن مصنوعة من مواد مقاومة لهذا التآكل ؛ كما أن كثيراً من العمليات تجرى فى درجات حرارة مرتفعة ؛ مما يزيد من حدة التآكل . يضاف إلى ما تقدم أن الضغوط التى على بعض الأجهزة أو فيها قد تكون كبيرة جدًّا ، فهى تتردد من بضعة أرطال على البوصة المربعة إلى عدة أطنان على البوصة المربعة ، فإذا علمنا أن الضغط الجوى العادى يعادل خمسة عشر رطلاً على البوصة المربعة — أمكن إعطاء فكرة عن كبر هذه الضغوط ، وهذا ما يستدعى اختيار مواد مناسبة ومقاومة .

وإن مراعاة هذه الاعتبارات فى اختيار المواد لا ينظر فيها فقط إلى

عجز احتمال الجهاز أو المصنع بكامله عن أداء الغرض الذى أقيم له مما يسبب خسارة كبيرة فى الأجهزة وفى المواد التى تصنع منها ، وازدياد مصروفات الصيانة بل الأهم من ذلك أن ينظر إليها بما قد تؤديه من خسارة أفدح فى الأرواح من العمال والصناع المهرة والمهندسين الممتازين الذين قد لا تعوض الخسارة فيهم ؛ كما أن التآكل لا يقتصر ضرره فقط على تقصير عمر الجهاز أوالمصنع ، بل قد يؤدى إلى تلويث الإنتاج وخلطه بشوائب تفسده ، وقد تجعله عديم النفع أو القيمة . !

وفى كثير من الحالات يكون عدم وجود المادة الصالحة لبناء جهاز خاص سبباً فى الوقوف عن تنفيذ كثير من العمليات المطلوبة والمشروعات الهامة .

لذلك كان الإلمام بخواص مختلف المواد التى تدخل فى بناء الأجهزة والمصانع من ألزم الواجبات لكل من يقتضى عمله إنشاء هذه المصانع أو تشغيلها حتى يلم بالمواصفات المطلوبة بالتحديد ، فلا يشتط فى الشدة والتشدد بدون مبرر على حساب ثمن تكلفة الجهاز ، ولا يسرف فى اللين والتهاون ، وذلك على حساب حياة الجهاز ومن يعملون فيه ومن حوله وعلى صلاحية مايصنع به من منتجات ، كما أن المبالغة دون مبرر فى تعقيد المواصفات قد يؤدى لعدم توافر المادة اللازمة لصنع الجهاز !

ومن الشائع أن تكون أجهزة المصانع فلزية أكثر من أن تكون من غيرها ؛ ومن هنا تظهر معرفة كيمياء هذه الفلزات اللازمة للصناعة

بالنسبة للمشتغلين بها . إلا أن الحديد وسبائكه الكثيرة نظراً لغلبة شيوع استعماله بسبب رخص ثمنه وشدة قوته – يستدعى بروز أهميته على بقية الفلزات ، ذلك بالإضافة إلى ما سبق من ميزات للحديد ، فهناك ما هو أهم وهو توافر خاماته فى كل بقاع الأرض تقريباً .

ولكن الحديد برغم توافره على سطح الكرة الأرضية . فمن النادر جدًّا أن يوجد فى الطبيعة على حالة نقية ، ويستحيل إطلاقاً الحصول عليه نقيًّا بكميات تجارية من الطبيعة مباشرة ، وذلك بسبب عدم استقراره إذا تعرض للهواء والرطوبة .

ركاز الحديد : إن ركاز الحديد الذى فى الطبيعة يشمل الأكاسيد والأيدروكسيدات والكربونات والكبريتيدات ؛ وأهمها من الناحية الاقتصادية الهماتيت وهو أكسيد الحديديك الأحمر ، والماجنيتيت وهو أكسيد الحديديك المغناطيسى ، والليمونيت وهوأكسيد الحديد المائى ، والسيديريت وهو كربونات الحديد ، أما البيريت وهو كبريتيد الحديد فمحدود الاستعمال .

الهماتيت : يشبه الصدأ العادى فى تركيبه الكيمياوى إذا أخرج منه الماء المتحد به . والمفروض نظريًّا أنه يحتوى على ٧٠ ٪ من الحديد ، ولكن وجود الشوائب وخصوصاً الترابية منها – ينزل بهذه النسبة فى الركاز التجارى من ٥٥ – ٥٨ ٪ . ويختلف لونه من الأحمر إلى البنى

إلى الأسود . وبعض رواسبه على هيئة ركام صلب وبعضها الآخر ناعم كالتراب .

الماجنيتيت : أشد أنواع الركاز صلابة ، وأعلاها فى نسبة الحديد : فإذا كان نقيًّا فإن نسبة الحديد به تعادل ٧٢,٤٢ ٪ . ونظراً لخاصيته المغناطيسية القوية فقد سمى بهذا وهو أهم مصدر لإنتاج الحديد الصلب فى السويد ؛ لأنه هناك فى حالة نقاوة عالية .

الليمونيت : عبارة عن هيماتيت مموه ؛ لأنه يحتوى على ١٥ ٪ من الماء المتحد . والركاز التجارى يحتوى على ٤٠ – ٥٠ ٪ حديداً .

السيديريت : إذا كان نقياً كانت نسبة الحديد به ٤٨ ٪ ولكن هذه النسبة تتردد عادة بين ٣٠ – ٤٠ ٪ وأهم رواسب هذا الركاز فى ألمانيا وإنجلترا وويلز .

البيريت : لونه بنى مذهب أو بنى أسود ، ونسبة الحديد به ٤٧ ٪ . وهو واسع الانتشار فى الأرض ، ولكن نظراً لوجود الكبريت مما تقتضى الضرورة التخلص منه أولاً وذلك بتحميص الخام حتى يتحول إلى أكسيد . ونظراً لتوافر ركازات أحسن منه فاستغلاله قليل فى إنتاج الحديد . . ويحتمل فى المستقبل أن تزيد أهميته ، أما أهميته حالياً فناتجة عن استغلاله للحصول على أكسيد الكبريت منه الذى يستعمل فى صناعة حامض الكبريتيك .

خامات الحديد بجمهورية مصر : خامات الحديد التى فى صورة

أكاسيد واسعة الانتشار هنا وأهم مصادرها :

١ – الصحراء الغربية : وأهمها بجوار واحة البحرية لوجود أربعة رواسب فى جبل غرابى والحارة وناصر والجديدة . ويقدر احتياطى المنطقة بأكثر من ٢٠٠ مليون طن .

٢ – الصحراء الشرقية : وهى فى أكثر من ١٣ منطقة أهمها وادى كريم والدباح وأم غميس الزرقاء وجبل أبو مروات وجبل الحديد وأم نار . .

٣ – وادى النيل : وأهم الرواسب بأسوان ، وإن كانت هناك رواسب أخرى فى المناطق الصحراوية بين أسوان ووادى حلفا ، ويقدر إحتياطى المنطقة كلها بحوالى ١٥ مليون طن .

إنتاج الحديد

استخلاص الحديد : لاستخلاص الحديد من الأكسيد يلجئون عموماً إلى استعمال الكربون فى صورة فحم كوك أو فحم نباتى لأنها أوفى من غيرها بهذا الغرض . وهى طريقة موغلة فى القدم ، فقد كان يلجأ إليها القدماء فى الحصول على الحديد وخصوصاً لصناعة الأسلحة . وأهمها السيوف . والحديث الوارد فى القرآن عن ذى القرنين والذى أقام سدًّا أمام يأجوج ومأجوج ولا يزال هذا الجدار الحديدى قائماً إلى الآن

فى مضيق وسط سلسلة جبال القوقاز الممتدة بين بحر الخزر والبحر الأسود ، ويسمى بمضيق داريال بين فلاديكوكاس وتفليس .

ولكن عملية الاستخلاص تجرى فى وقتنا الحالى فى فرن أسطوانى مرتفع يسمى بالفرن العالى كالمقام فى حلوان .

الفرن العالى : عبارة عن بناء من الصلب مبطن من الداخل بالطوب الحرارى ، ويتردد ارتفاعه بين ٩٠ – ١٠٠ قدم كما يصل نصف قطره فى أوسع أجزائه إلى ٣٠ قدماً ، والجزء الأسفل منه جدرانه رأسية ويسمى :

١ – بالبوتقة ويتجمع فيها الحديد المنصهر تعلوه طبقة من الخبث ، وفى أسفل البوتقة فتحة تستعمل لإخراج الحديد . وفى منتصف ارتفاع البوتقة توجد فتحة أخرى لإخراج الخبث . ولإغلاق الفتحتين تستعمل عجينة من الطين الحرارى . وفى الجزء العلوى من البوتقة ينفذ الهواء الساخن من فتحات تسمى قصبات عددها بين ١٠ – ١٦ قصبة ، ونهاية القصبة من الداخل محاطة بحلقات من البرونز يمر فيها الماء البارد ليبرد القصبة حتى لا تنصهر . أما الهواء الداخل فى القصبات فيأتى من آلات النفخ إلى منفذ أو معبرة نصف قطرها حوالى أربع أقدام تشبه الحلقة وتحيط بالفرن من الخارج .

٢ – والجزء من الفرن الذى يعلو البوتقة تميل جدرانه نحو الخارج ، فيبدأ فى الاتساع من أسفله ، واتساعه من أعلى يسمح بتراكم الشحنة

الهابطة من أعلى الفرن ، ويعطل انزلاقها إلى أسفل ، وهذا الجزء هو منطقة الانصهار . ولكى تتحمل الجدران فى هذه المنطقة الحرارة الشديدة فقد أُدْخِل بين قوالب الطوب الحرارى المكونة لها نوعٌ من الأنابيب المبططة يمر فيها الماء البارد ليخفض من درجة حرارة الجدران .

٣ – أما الجزء الذى يعلو الوسط فهو على هيئة المدخنة نظراً لأنه عالٍ ومرتفع وتميل جدرانه نحو الداخل كلما ارتفع بحيث يقل قطره مع الارتفاع ، ويسمى هذا الجزء « المدخنة » وهو مبطن بحائط غليظ من الطوب الحرارى قد يصل غلظه إلى خمس أقدام ، ويحمل المدخنة حاملٌ دائرى يرتكز على أعمدة عددها بين ٨ إلى ١٢ واتساع المدخنة إلى أسفل يساعد الشحنة على الهبوط بسهولة .

٤ – أما أعلى المدخنة أى قمة الفرن فيسمى بالناقوس نظراً لأنه فعلاً على هيئة ناقوس مزدوج يعلوه قمع الغرض منه إدخال الشحنة التى تأتى إليه فى عربات صغيرة تصعد إليه على مستوى مائل تجرها حبال من الصلب .

والغازات التى تصعد إلى أعلى الفرن تجد طريقها للخارج عن طريق فتحة جانبية تحت الناقوس . ومنها تخرج إلى معبرة واسعة متجهة إلى أسفل ، ولذلك تسمى « الهابطة » ومنها إلى جهاز حجز التراب ، وهو عبارة عن وعاء دائرى من الصلب يشبه القمع عند قاعدته حيث تتراكم ذرات الركاز والكوك وغيرها من التى حملها تيار الغاز ، وكلما تجمع منها

قدر مناسب قُذف به إلى عربات صغيرة تقوم بحملة إلى حيث يصهر ؛ لكي يتماسك فى كتل صغيرة بجهاز خاص لذلك حتى لا يذروها الهواء فتتطاير معه حين يُقاد مرة أخرى إلى الفرن العالى ، فتختلط بما فيه من شحنة ، فإن أريد للغاز نقاوة أكثر من ذلك حتى يصلح للاستعمال فى آلات احتراق داخلى مثلاً — فإنه يحمل إلى أجهزة غسيل الغازات .

وهناك آلات نفخ وهى عبارة عن محركات غازية تستغل غازات أعلى الفرن بعد غسلها لتعطى تياراً من الهواء بقوة ٢٠٠٠ — ٢٥٠٠ حصان . وفى مقدور كل آل إعطاء تيار من الهواء يعادل ٥٠٠٠٠ — ٦٥٠٠٠ قدم مكعبة فى الدقيقة بضغط يعادل ١٥ — ٣٠ رطلاً على البوصة المربعة وهذا المقدار هو ما يكاد يكفى فرناً واحداً .

ولكيلا يبرد الفرن إذا اندفع إليه هذا التيار القوى من الغازات فى درجة الحرارة العادية فلابد من تسخينه . وتقوم بذلك مدافئ هى عبارة عن أسطوانات من الصلب فى اتساع وارتفاع الفرن العالى . وتتوسطها أو يكون إلى جانبها غرفة احتراق أنبوبية . وبداخلها أيضاً عدة ممرات من الطوب الحرارى لامتصاص الحرارة ويخلط الغاز بالهواء ويدفع إلى قاعدة غرفة الاحتراق حيث يحترق وهو صاعد . ثم تمرر نواتج الاحتراق بعد ذلك وهى هابطة فى مجارى الطوب الحرارى قبل أن تأخذ طريقها إلى المدخنة . وبذلك تصل درجة حرارة تيار الهواء من ٥٠٠ — ٦٠٠° مئوية وتقابل كل فرن عالٍ أربع مدافئ تعمل كل منها ثلاث ساعات بالغاز

الساخن وساعة بالهواء ويكفى ثلث الغاز الآتى من أعلى الفرن تسخين تيار الهواء ، أما بقية الغاز فيستغل فى توليد القوى لعدة أغراض للمصنع .

تغذية الفرن العالى :

١ – الشحنة : مقدارها يكاد يفوق ٢٠٠٠ طن فى اليوم . وهى مكونة من جزء من الحجر الجيرى – وذلك لصهر تراب الركاز ورماد الوقود مع جزأين من الوقود ، مع ثلاثة أجزاء من الركاز وتحتاج لخمسة عشرة ساعة لتمر بالفرن .

٢ – الوقود : يتميز فحم الكوك برخصه وقدرته على تحمل ضغط وزن الشحنة إلا أن كثرة رماده وعلو نسبة الكبريت والفسفور فيه يجعل الفحم النباتى يفضله فى هذه الناحية إلا أنه ضعيف التحمل للضغط ؛ ولذلك فأفرانه صغيرة وفى أمريكا لا يزيد الإنتاج بالفحم النباتى عن ١ ٪ ولكن نظراً لنقاوته فسعره أعلى ٢٥ – ٣٠ ٪ وفى السويد الإنتاج الغالب بالفحم النباتى .

الحديد الزهر : والحديد الخارج من الفرن العالى يسمى بحديد التماسيح وهو الحديد المعروف فى السوق باسم الحديد الزهر . وهو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون . وتسميته بالزهر ربما جاءت من كلمة « صهر » نظراً لسهولة انصهاره ، ثم لصهره وصبه فى قوالب لها شكل محدد يخالف شكل التماسيح . وهو يخالف الحديد الصلب الذى هو أيضاً

عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون فى أن ارتفاع نسبة الكربون فى الزهر يجعله لا يقبل الطرق كالصلب ؛ كما أن نسبة الشوائب مرتفعة فى الزهر . هذه الشوائب وخصوصاً عناصر السيليكون (التى من التراب) والفسفور والكبريت تؤدى دوراً مهماً فى خواص الحديد الزهر حتى لتحدد نسبتها فيه بالنسبة للأغراض التى سيستعمل فيها سواء كانت آلات خفيفة أو ثقيلة أو عجل سيارات أو غيرها. وخبراء الفلزات يدرسون تأثير هذه الشوائب بالتفصيل على صلابة الحديد أو طراوته ؛ أو قابليته للشرخ ، أو مقدار تقلصه وانكماشه حين يصب وهو مصهور ليأخذ شكل سبائك فيتفق مع شكل قوالب الصب إلى مدى . إلا أن هذا كله يدخل فى ميدان أهل التخصص .

وهناك أنواع من الحديد مثل الحديد المطروق والحديد المطاوع تعالج معالجة خاصة ؛ لتقوم بتأدية أغراض خاصة –وهى وإن كانت مهمة لأهل الاختصاص– أهميتها بالنسبة للقارئ العادى لا تكون بهذا القدر ؛ ولذلك نضرب صفحاً عنها مكتفين بالجدول التالى الذى يبين الفروق فى تركيبها الكيمياوى سواء أكانت حديداً زهراً أم مطاوعاً أم طلباً عاديًّا ، ولكنا سنختص الصلب بشىء من الإفاضة نظراً لأهميته :

وفيما يلى النسب المختلفة التى تدخل فى أنواع الحديد :

النوع	نسبة الحديد	نسبة الكربون	نسبة المنجنيز	نسبة الكبريت	نسبة الفسفور	نسبة السيليكون
الحديد الزهر	٩١ – ٩٤	٣ر٠٠ – ٤ر٥	ر٥ – ٢ر٥	ر٠٢٥ – ٠ر١٠٠	ر٠٣٠ – ١ر٠٠	ر٥٠ – ٣ر٥٠
المطاوع	٩٩ – ٩٩ر٨	ر٠٥ – ر٢٥	ر٠١ – ر١٠	ر٠٢ – ر١٠	ر٠٥ – ر٢٠	ر٠٢ – ر٢٠
الصلب العادى	٩٨ – ٩٩ر٥	ر٠٥ – ١ر٧٥	ر٢٠ – ١ر٠٠	ر٠١ – ر٠٥	ر٠٠٢ – ر١٠٠	ر٠٠٥ – ر٣٠

الصلب : ويمكن اعتباره حديد زهر منق ، فهو يحتوى على نسبة أعلى من الحديد ونسبة أقل من الكربون والسيليكون والكبريت والفسفور . أما المنجنيز فقد يزيد أو يقل عنه فى الحديد الزهر . وهو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون مع عناصر أخرى أو بدونها هذه السبيكة عندما تصب وهى سائلة تكون كتلة قابلة للطرق عند درجة حرارة خاصة . ووصفه بأنه يصب فى قوالب أى يسبك وأنه قابل للطرق هما أهم ما يميزانه فسبكه أى صهره فى أفران يجعله خالياً من الخبث نسبيًّا .

صناعته : مع أن هناك عدة طرق لصناعة الصلب فإنها كلها مبنية على أساس تنقية الفلز ، وذلك بأكسدة العناصر غير المرغوب فيها وتختلف الطرق بعضها وبعض فقط فى الطريقة التى تحدث بها التنقية . وفيما يلى بيان بأسماء الطرق ليرجع إليها من يريد الاستزادة فى المراجع المختصة وهى كثيرة بالعربية :

١ – طريقة بسمر
٢ – طريقة المجمرة المكشوفة
٣ – طريقة البوتقة
٤ – طريقة الالتحام
٥ – الطريقة الكهروحرارية

ونكتفى بهذا القدر من الكلام عن الفلزات الحديدية ؛ لنسرع

الخطى كى نلم إلمامة عابرة بأهم الفلزات غير الحديدية والتى تلزم الصناعة .

غير أنه مما يجدر ذكره أن فترات التطور الحضارى للإنسان يمكن أن تميز على النحو التالى :

١ – العصر الحجرى القديم

٢ – العصر الحجرى الحديث

٣ – العصر البرنزى

٤ – عصر الحديد

وذلك تبعاً للمادة التى كان يستعملها الإنسان فى عمل أسلحته . ومن هذا نرى أن النحاس ودخوله فى سبيكة مع القصدير قد أنهى العصر الحجرى ، ثم جاء الحديد ليزيح البرونز ؛ ولذلك يجدر بنا وقد أنهينا الكلام عن الحديد أن نبدأ الكلام عن الفلزات بأهم مكون لسبيكة البرنز ألا وهو النحاس .

الفصل الرّابع

الفلزات غير الحديدية

النحاس

عرف المصريون القدماء النحاس الذى كانوا يستجلبونه من شبه جزيرة سيناء ، وكانوا يسمونه (خومت) كما تكلم جابر بن حيان عن خواصه . وهو فى الولايات المتحدة بكميات هائلة حول بحيرة سبيريور وبكميات أقل فى شبه جزيرة إسكندناوة (السويد والنرويج) ، كما أنه فى روسيا وأستراليا والصين وفى أماكن أخرى .

ركازه أو خاماته : أهمها الكالكوبيريت ، وهو كبريتيد النحاس والحديد ، والكالكوسيت وهو كبريتيد النحاس فقط والكوبريت وهو أكسيد النحاس والمالاكيت وهو مركب من خليط من جزىء أيدروكسيد النحاس مع جزىء من كربونات النحاس ؛ والأزوريت وهو عبارة عن جزىء أيدروكسيد مع جزأين من الكربونات .

طريقة الاستخلاص : وتتركز فى الخطوات التالية .

١ – التركيز وذلك بسحق الركاز وإمرار تيار مائى عليه ، فيأخذ

الركاز ويترك الشوائب الأرضية .

٢ – التحميص للتخلص من كبريتيد الحديد بتحويله إلى أكسيد ، ثم تأتى بعد ذلك الخطوة التالية .

٣ – وهى إضافة الرمل ورفع درجة حرارة المخلوط حتى ينصهر فيخرج أكسيد الحديد كخبث على السطح تاركاً خام النحاس أسفله . فيطرد الخبث ، ويصيب ركاز الحديد فى الماء . وقد تعاد هذه العملية للحصول على ركاز أنقى يؤخذ بعد ذلك ويسخن فى محول مع إدخال الهواء فيه ، فيتأكسد جانب من كبريتيد الحديد ؛ ليتحول إلى أكسيد ثم يتفاعلا فيأخذ الأكسجين الكبريت ويخرجا كأكسيد كبريت تاركين النحاس الذى يؤخذ إلى فرن أخرى ليصهر فيه ثم يقلب وهو مصهور بأعواد من خشب طرى حى يمكن تخليص الناشئ من آخر أثر للأكسجين .

٤ – ثم يؤخذ الخام بعد ذلك إلى خلية كهربية حيث القطب الموجب ، وتكون صفيحة رقيقة من النحاس النقى القطب السالب ويكون القطبان مغمورين فى محلول من كبريتات النحاس ، ثم يمرر تيار كهربى ، فيترسب النحاس النقى على الصفيحة ، وتترسب الشوائب على أرضية الخلية ، وقد تحوى ذهباً وفضة .

خواصه : بالإضافة إلى لونه المعروف فهو قابل للطرق والسحب فى درجة الحرارة العادية وإن كان يصير هشاً قرب درجة انصهاره . ولكونه

موصلاً جيداً جداً للحرارة والكهربا فهو كثير الاستعمال فى الصناعات الكهربية . وهو ينصهر فى درجة حرارة ١٠٨٣° مئوية ويغلى أى يبخر فى درجة ٢٣٢٩ ولون بخاره أخضر . وهو ثابت فى الجو الجاف ، أما فى الجو الرطب فتتحول كربوناته المائية . وإذا سخن تحول إلى أكسيد .

الخارصين أو الزنك

عرف منذ القدم كسبيكة منه ومن النحاس وهو ما يعرف بالنحاس الأصفر . وأهم أماكن ركازه هى بريطانيا والبلجيك وألمانيا وأستراليا وأمريكا الشمالية .

ركازه وخاماته : كبريتيد الزنك ، والكالامين وهو الكربونات ، والفرانكلينيت وهو أكسيده مع أكسيد الحديد .

استخلاصه : يسخن الركاز جيداً فى الهواء حتى يتحول الكبريت إلى أكسيد ، ويخرج ثانى أكسيد الكبريت الذى يستغل فى صناعة حامض الكبريتيك . أما الكربونات فتتحول إلى أكسيد ، ويخرج ثانى أكسيد الكربون ، وبعد ذلك يؤخذ الأكسيد ؛ ليختزل إلى الفلز ، وذلك بتسخينه مع الفحم الحجرى المصحون .

خواصه : يقبل السحب والطرق إذا سخن إلى درجة ١٠٠ — ١٥٠° مئوية ، ولكنه يصير هشاً إذا وصل إلى درجة ٢٠٠° لدرجة أنه يمكن

سحقه إلى مسحوق . وهو ينصهر فى درجة ٤١٩,٤° مئوية ويغلى فى درجة ٧٣٠ ، وهو ثابت فى الجو الجاف ولكن فى الجو الرطب يتحول إلى الكربونات القاعدية وهو إذا سخن بشدة فى الهواء احترق بلهب أزرق مكوناً سحباً من أكسيد الزنك .

الألومنيوم

عرفه الكيماويون العرب وإن كان تحضيره كفلز لم يعرف إلا فى عام ١٨٢٧ عن طريق الكيمياوى فوهلر . وإن كان الفلز نفسه لا يوجد فى الطبيعة إلا أن مركباته منتشرة بوفرة فى أنحاء الطبيعة فى الصخور وفى الطمى .

ركازه : أهمها السيليكات وهى فى الطمى والاردواز وفى معدن الميكا والفلسبار والكاولين والجارنت والتوباز والتورمالين . ثم أكاسيده وهى معدن البوكسيت والكورندم والدياسبور والسبنيل والكريزبيريل . والفلوريدات وهى الكريوليت والفوسفات وهى التوركواز .

طريقة الاستخلاص :

تعتمد على تنقية الركاز أولاً ثم إذابته فى معدن الكريوليت المسال ثم استعمال التحليل الكهربى .

خواصه : يقبل السحب والطرق والصقل إلى درجة عالية . ينصهر فى درجة ٦٥٨ ويغلى فى درجة ١٨٠٠ ، وإذا سخن إلى ما تحت درجة الانصهار أمكن تحويله لمسحوق ونظراً لكثافته النوعية ٢,٧ وصلابته المقبولة يستعمل فى الصناعات التى تتطلب هذه الخفة . وهو مستقر فى تعرضه للهواء نظراً لتكوّن طبقة رقيقة من الأوكسيد على سطحه ، فتحميه بعد ذلك من الاستمرار فى التأكسد ، وإذا سخن بشدة فى الهواء فإنه يحترق . ولو خلط كمسحوق مع أكسيد الحديد وأشعل بشريط ملتهب من المغنسيوم فإن المسحوق ينصهر ؛ ولذلك فهو يستغل فى اللحام وفى القنابل الحارقة . وله سبائك مشهورة منها :

ديورالومن ويتكون من ٩٤ ٪ ألومنيوم مع ٠,٥ ٪ مغنيسيوم مع ٤,٥ ٪ من النحاس مع ٠,٧٥ ٪ منجنيز مع ٠,٥ ٪ من قصدير) .

برونز الألومنيوم ، ويتكون من ١٠ ٪ ألومنيوم مع ٩٠٪ من نحاس .

مجنا ألومنيوم ويتكون من ٩٥ ٪ من الألومنيوم مع ٤,٥ ٪ من مغنيسيوم مع ٠,٥ ٪ من قصدير .

نحاس الألومنيوم الأصفر ويتكون من ١ ٪ من ألومنيوم مع ٦٩ ٪ من نحاس مع ٣٠ ٪ من زنك .

القصدير

إن استعمال الإنسان القديم للبرونز ليبرهن على معرفة البشرية فى تلك الفترة السحيقة من التاريخ . وكلمة قصدير العربية مأخوذة من الاسم الإغريقى القديم كاساديريوس ، وهو فى مقاطعة كورنوال ، وفى ألمانيا ، وفى الهند الشرقية وفى أستراليا وأمريكا الجنوبية (بوليفيا وبيرو)

ركازه : بعض آثار من الفلز النقى وجدت فى الطبيعة ولكن الشائع أنه يوجد على هيئة أكسيد .

طريقة الاستخلاص : يسحق الركاز ويغسل بالماء ، ثم يحمص فى الهواء ، ثم يغسل بالماء ، ثم يختزل الأكسيد بصهره مع الفحم الحجرى الأنثراسيتى فى فرن دوار . وبعد أن يخرج من الفرن يسخن حتى يسيل ، وبذلك ينقى جيداً .

خواصه : ينصهر فى درجة ٢٣٢ مئوية ويبخر عند ٢٢٧٠ مئوية وهو ثابت فى الهواء فى درجة الحرارة العادية ؛ ولكن إذا انصهر فى الهواء تأكسد ، وإذا سخن إلى درجة ١٥٠٠ – ١٦٠٠ فإنه يشتعل محدثاً ضوءاً قويًّا . وهو كثير الاستعمال فى التغليف . وفى طلاء الحديد ؛ ليكون ما يعرف بالصفيح ، وكثيراً ما يدخل فى سبائك مع غيره من الفلزات مثل البرونز ، والبرونز الفسفورى وقصدير اللحام إلخ . .

الرصاص

عرف البشر من قرون سحيقة ؛ كما سماه الكيمياويون العرب الأوائل باسم «الأسرب» .

ركازه : أهمها معدن الجالينا ، وهو عبارة عن كبريتيد الرصاص ، وإن كان على هيئة كربونات فى معدن السيروسيت .

وأهم مواطنه هى إنجلترا ، وويلز الجنوبية الجديدة .

استخلاصه : يحمص الركاز الكبريتيدي فى الهواء ؛ ليتحول بعض الكبريتيد إلى أكسيد وجزء آخر إلى كبريتينات ، ثم يضاف إليه ركاز جديد وترفع درجة الحرارة مع قطع تيار الهواء ، فيسيل الرصاص المصهور ؛ ليخرج إلى الفرن الدوار ، وترفع درجة حرارته حتى يتجمع الخبث الباقى على السطح فيزال .

خواصه : يفقد لمعته بسرعة فى الهواء ، ودرجة انصهاره ٢٧٦° مئوية ويغلى عند ١٢٠٠° م وهو فلز طرى يمكن بسهولة تحويله إلى صفائح أو أنابيب ، ومن هنا كثرة استعماله .

الكوبالت

ركازه : أهمها معدنا سمالتين والكوبالتين وهما فى أمريكا الشمالية .

استخلاصه : يحمص الركاز فى الهواء ، ثم يستخلص بالفحم النباتى .

خواصه : فلز يشبه الفضة ، ولا يتأثر بتعرضه للهواء فى درجة الحرارة العادية ، ولكنه يتأكسد بالتدريج لو سخن ، وله خواص مغناطيسية وإن كان فى ذلك أقل من الحديد ، وإن كان يحتفظ بمغناطيسيته إذا سخن حتى درجة ١٠٠٠° مئوية ، وهو ينصهر فى درجة ١٥٢٠° مئوية .

النيكل

ركازه : أول ما عرف كان ذلك فى عام ١٧٥١ ، وقد أمكن استخراجه فى عام ١٧٧٤ . وهو بحالة نقية وبكميات قليلة فى الشهب ، ولكن أهم ركازه هو معدن كوبفرنيكل والإسملتين والبنتالنديت والجارنيريت وكبريتيد النيكل .

استخلاصه : يحمص الركاز أولاً ليتحول إلى الأكسيد ؛ ثم يسخن

فى تيار من الغاز المائى حيث يتحول إلى الفلز ، ثم يؤخذ بعد ذلك إلى برج البخر حيث يسخن إلى درجة حرارة ٨٠– ١٠٠ مئوية فى تيار من أول أكسيد الكربون الذى يتحد بالفلز مكوناً الكربونات التى تتطاير ، وتؤخذ إلى برج آخر حيث تسخن إلى درجة ١٨٠° مئوية فينفصل النيكل النقى عن أول أكسيد الكربون الذى يعاد استعماله .

خواصه : يمكن صقله حتى يصل إلى لمعة الفضة ، وهو ينصهر فى درجة ١٤٥٢° مئوية وهو مستقر فى الهواء الجاف وإن كانت لمعته تقل قليلاً فى الهواء الرطب ، ولكن ببطء شديد ، ولذلك فهو يستعمل فى عملية النكلشة للفلزات الأخرى ، وهو فى خواصه المغناطيسية يشبه الكوبالت .

وهو يدخل فى سبائك كثيرة ، ويستعمل كعملة ، ولو أضيف إلى الصلب بنسبة ١٠ ٪ لأعطاه من الصلابة ما يقاوم به القذائف .

الفصل الخامس

مواد البناء

أحجار البناء والعوامل المؤثرة عليها :

إن كثيراً من مختلف أنواع الأحجار يستعمل فى أغراض البناء ، وإن كانت الأحجار التى من أصل رسوبى هى التى أوسع استعمالاً ونفعاً من الصخور النارية والمتحولة ، وذلك لسعة انتشارها وقلة تكاليف استخراجها من المحاجر وأعمال تجهيزها للإنشاء .

والعوامل التى تؤثر على اختيار أحجار البناء والشروط الواجب توافرها فيها هى :

١ – ثبات اللون ٢ – مقاومة التآكل ٣ – مقاومة الحك والخدش ٤ – نسبة امتصاص الماء ٥ – نسبة الأملاح الذائبة ٦ – مقاومة السحق والهرس ٧ – معدل التمدد والانكماش .

تحمل أحجار البناء : يتوقف على مقاومتها للتأثيرات الجويّة ، وذلك من ناحية تركيبها وجزئياتها والمعادن الداخلة فيها مما يجعلها حساسة سريعة التأثر . وتظهر هذه التأثيرات السريعة فى الأحجار الجيرية بعد بضع سنوات من استعمالها ويستمر مع الزمن .

ومن المعادن الضارة الميكا إذا كانت بها بنسبة كبيرة ، والبيريت الذى يتأكسد بتعرضه للجو وإخراجه حامض الكبريتيك الذى يهاجم الأحجار . والترموليت الذى يتحول إلى اللون الأخضر المائل للاصفرار . فيغير لون الأحجار .

تركيب الأحجار وتكوينها : من المعلوم أنه ما من حجر يخلو من الفواصل والعقد ، وتظهر الفواصل رأسية فى الصخور المتكونة من طبقات . أما فى الصخور النارية فتكون رأسية أو أفقية . والفواصل مزية فى تسهيل استخراج الأحجار وخاصة الصلبة : كالجرانيت ، كما أنها ضارة لأنها تحدد أطوال البلوكات المستخرجة وحجمها وصلاحيتها فى أثناء العمل .

مقاومة الأحجار للنار : كثير من الأحجار يعانى السحق نتيجة لتعرضه للنار ، أو تقل جودتها من تعرضها للتأثير المزدوج من لهيب النار وبرودة ماء الإطفاء . وإذا وصلت درجة الحرارة إلى ٤٥٥° مئوية وهى الدرجة التى تصل إليها الحرائق عادة فإن الأحجار تفقد كيانها وتتأثر بدرجات مختلفة : فالجرانيت يتشقق ويتفتت . والحجر الرملى يتشقق عرضياً مع مستوى طبقاته . والحجر الجيرى يتأثر بشدة لأنه يتحول إلى جير حى . أما الرخام فيكون بطيئاً فى انهياره . وهو يشقق ثم يتفتت ، ثم يتصدع بالكامل .

عوامل الانحلال والتفتت فى أحجار البناء :

١ - عوامل التعرية ٢ - الهواء المحمل بالغازات والأملاح ٣ - الرطوبة الأرضية . وهى من أكبر عوامل الانحلال فى مصر التى تحوى الكبريتات والكربونات والكلوريدات التى تنساب فى الأحجار إلى سطحها حيث تتركز وتتبلور بفعل البخر محدثة التشقق والتفكك وأشدها تأثراً الجيرية ثم الرملية ثم الجيرية المتبلورة ثم المتحولة فالنارية .

أنواع أحجار البناء والزينة :

(ا) **الأحجار الرسوبية وهى** : ١ - الحجر الجيرى ٢ - الدولوميت ٣ - الحجر الرملى ٤ - الألبسترة ٥ - اليريشيا ٦ - الترافرتين.

(ب) **الصخور النارية وهى** : ١ - الجرانيت ٢ - البازلت ٣ - حجر السماق الإمبراطورى ٤ - الديوريت .

(جـ) **الصخور المتحولة وهى** : ١ - الرخام ٢ - الكوارتزيت ٣ - السربنتين ٤ - الجنيس .

مواد المحاجر فى جمهورية مصر :

١ - الرخام بأنواعه ويشمل :

(ا) الرخام البوتتشينو المصرى بجبل تليمات بمحافظة البحر الأحمر

(ب) الرخام الأبيض بوادى الدغيج بالصحراء الشرقية بمحافظة البحر الأحمر .

(جـ) رخام أبيض أدفو بجلل وادى المياه بمحافظة البحر الأحمر .
(د) الرخام البرلاتو المصرى بجبل أدمو وجبل الشيخ ياسين بمحافظة المنيا .
(هـ)رخام الهرم بجبل أجران الفول بمنطقة الجيزة .
(و) الرخام الترافرتينو المصرى بجبل حمرة شيبون بمحافظة بنى سويف .
(ز) الرخام البروتورينو المصرى بجبل العلاقى بمحافظة أسوان .
(ح)الرخام الرمادى بجبل العلاقى بمحافظة أسوان .

٢ - أحجار الزينة بأنواعها وتشمل :

(ا) الباستر بنى سويف بجبل سنور بمحافظة بنى سويف .
(ب) الباستر المنيا بجبل الشرفا بمحافظة المنيا .
(جـ)الباستر أسيوط بجبل بصرة بمحافظة الأسيوط .
(د) الباستر الجيزة بجبل الكريمات بمحافظة الجيزة .
(هـ)الجرانيت بسالوجة والشلال والسلخانة وغرب الخزان وتاقوق وطريق الخزان والمسلة بمحافظة أسوان .
(و) البريشيا بوادى الحمامات بمحافظة البحر الأحمر .
(ز) السربنتين (أخضر قنا) بوادى عطا الله وأم عتور بمحافظة البحر الأحمر .
(ح)السمان الإمبراطورى بجبل الدخان بمحافظة البحر الأحمر .

٣ – الأحجار الجيرية الصلبة والصلدة وتشمل :

(ا) أحجار المنيا الصلبة بالشيخ ياسين وزاوية الأموات وطهنا الجبل وجبل الطير بمحافظة المنيا .

(ب) الأحجار الصلبة بالكريمات وغمازة الصغرى بمحافظة الجيزة .

(جـ) الأحجار الصلبة ببنى غالب بمحافظة أسيوط .

(د) الأحجار الصلدة بالهريف بمحافظة السويس .

الطين وصناعة الطوب

الطين مادة دقيقة الجزيئات تحتوى على قدر كبير من المواد الغروية ومواد معدنية ، وله قدرة على امتصاص كميات كبيرة من المياه ، وفى هذه الحالة يصبح كتلة عجينية ، ومعظم أنواع الطين تحتوى على نسبة كبيرة من سيليكات الألومنيوم المائية (راجع تحليل طمى النيل فى نهاية الفصل الأول عن المياه) ، وهى ناتجة عن تحلل المواد المعدنية بالصخور النارية نتيجة تأثيرات الجو الكيمياوية .

وعندما يجف الطين ينكمش ويتوقف مقدار الانكماش على كمية المياه المحصورة بين حبيباته أو داخل جزيئات المواد المعدنية التى تتركب منها : فإن زاد مقدار الانكماش على ٣٠٪ من الحجم فإن الطين فى هذه الحالة لا يصلح لصناعة الطوب أو الخزف ، على أنه يمكن التغلب على مشكلة

الانكماش المتزايد بخلط بعض المواد السابق حرقها أو بعض الرمل مع الطين.

وبعد أن تتعرض قوالب الطوب للهواء فإنها تتخلص من بعض المياه بها وتظل محتفظة ببعضها الآخر، وتكون فى حالة قريبة من العجينة. وفى مراحل الحرق الأولى لا يمكن التخلص من المياه التى بقوالب الطوب كلية ؛ والمتبقى منها يدخل فى تركيبات كيمياوية مستديمة مع الألومينا والسيليكا والحديد والقلويات. لتكوّن الزجاج. فالغرض من عملية حرق الطوب إنما هو إنتاج مواد زجاجية بكميات كافية للصق الحبيبات التى لم تنصهر بعضها ببعض.

ومناسبة نوع ما من الطين لصناعة الطوب لا تتوقف على درجة الانكماش عند التجفيف فقط بل تتوقف أيضاً على مكوناته الكيمياوية وقد يلزم بعض الصودا والجير الحى والمغنسيوم لاستعمالها ؛ لتساعد فى عملية الصهر عند درجات الحرارة المنخفضة ؛ كما قد يلزم بعض الحديد لإكساب الطوب اللون البنى أو الأحمر. ولكن إن زادت المواد المساعدة على حد معين فإنها تؤدى إلى زيادة انصهار الطوب أو تزججه.

ومعظم أنواع الطين تحمل نسباً معينة من الكربون العضوى إلى جانب بعض الكبريت الذى على هيئة كبريتيد الحديد، وهو الذى يكسب الطين الذى لم يتأثر بفعل الجو ذلك اللون البنى المعروف. وعندما يدخل البخار فى القمينة الخاصة بحرق الطوب – يحترق الكربون ثم يتحول الكبريتيد إلى كبريتات للصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم

والكلسيوم ؛ وفى أثناء التشغيل العادى قد يذيب المطر كميات كبيرة من هذه الكبريتات ويحملها ؛ لتصل إلى السطح الخارجى لقوالب الطوب وتكون عليها رواسب متبلورة غير مرئية . وكبريتات الصوديوم تسبب تفتت الطوب .

وعمليات تصنيع الطوب البدائية – التى مازالت تتبع حتى الآن فى القرى – عمليات غير جافة : فالطين يخلط ثم يشكل فى قوالب تجفف فى الهواء لبضعة أسابيع ثم تحرق . وحجم القالب الأصلى مصمم بحيث يؤخذ فى الاعتبار مقدار الانكماش الناتج عن التجفيف . ولكى يكون الانكماش فى حدود معينة تلزم إضافة بعض الرمل أو الرماد إليه . وطين صنع الطوب المكون من خليط من رواسب طينية وغروية هو المادة المفضلة . ويضيع وقت كبير فى التخلص من المياه ، ولكى يمكن تحاشى بعض هذه الخسارة – يلجأ إلى العمليات شبه المبللة حيث تستعمل قوة ضغط لتشكيل القوالب مع إضافة قليل من الماء إلى الطينة . أما فى العمليات الجافة فيشكل الطوب كلية من صخور مسحونة (طفلة اردواز) تحت ضغوط كافية لإحداث ترتيب فى وضع الحبيبات ؛ كما يحتوى الخليط كله على الحد الأدنى من المياه التى فى المواد المعدنية المكونة للطين . وفى صناعة الطوب الحديثة يستعمل وقود رخيص كالمازوت أو رجيع الكون أو غيرهما ، والتحكم السليم فى عملية الاحتراق أمر لازم قبل أن تحترق المواد الكربونية .

الكتاب القادم

الدراما الأفريقية

على شلش

رقم الإيداع	١٩٧٨/٥٢٩٧
الترقيم الدولى	ISBN ٩٧٧ - ٢٤٧ - ٥٤٢ - ١

١/٧٨/٢٨٦

طبع بمطابع دار المعارف (ج. م. ع.)